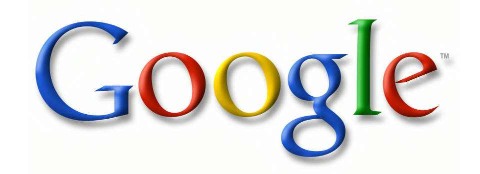


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

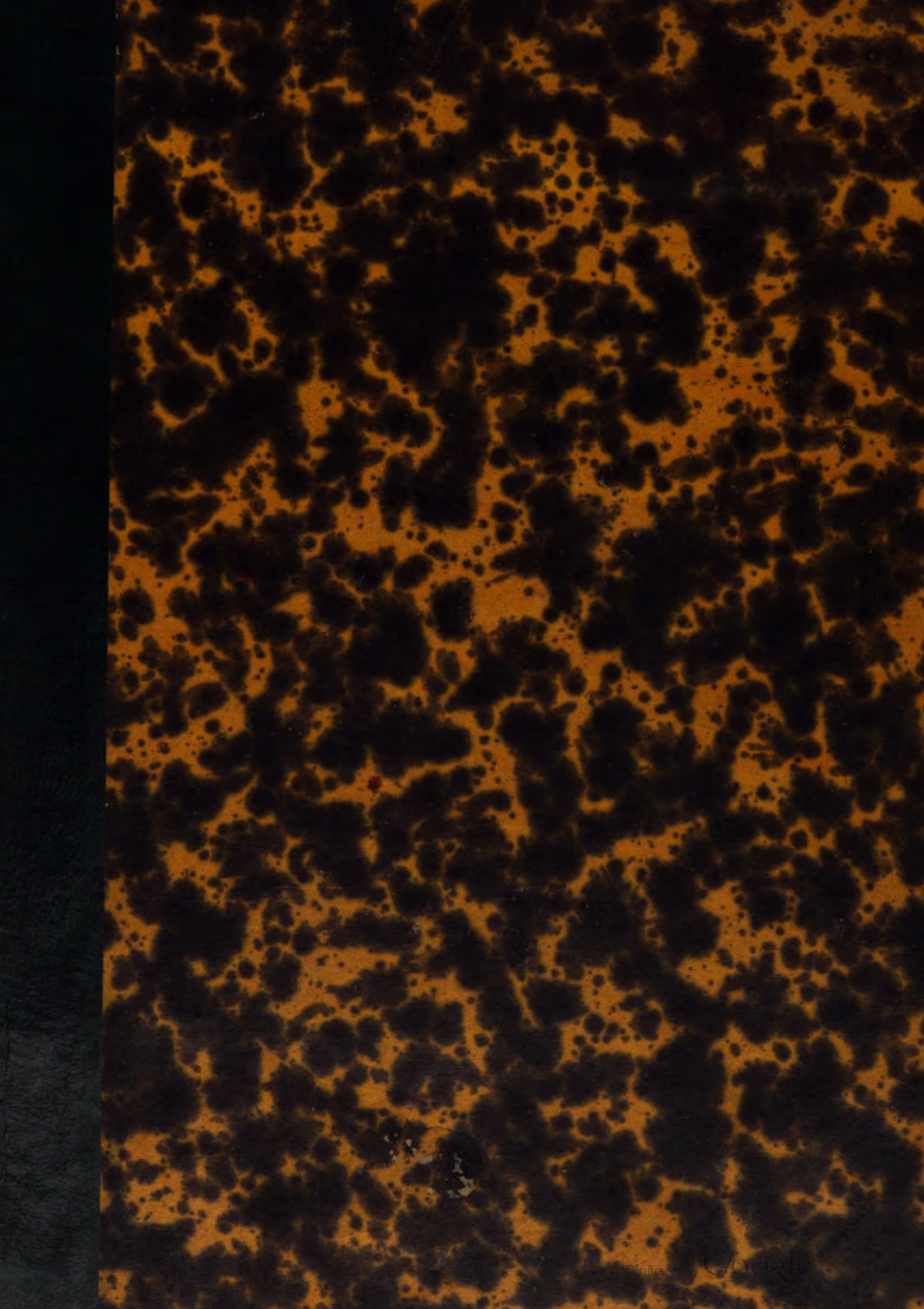
Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

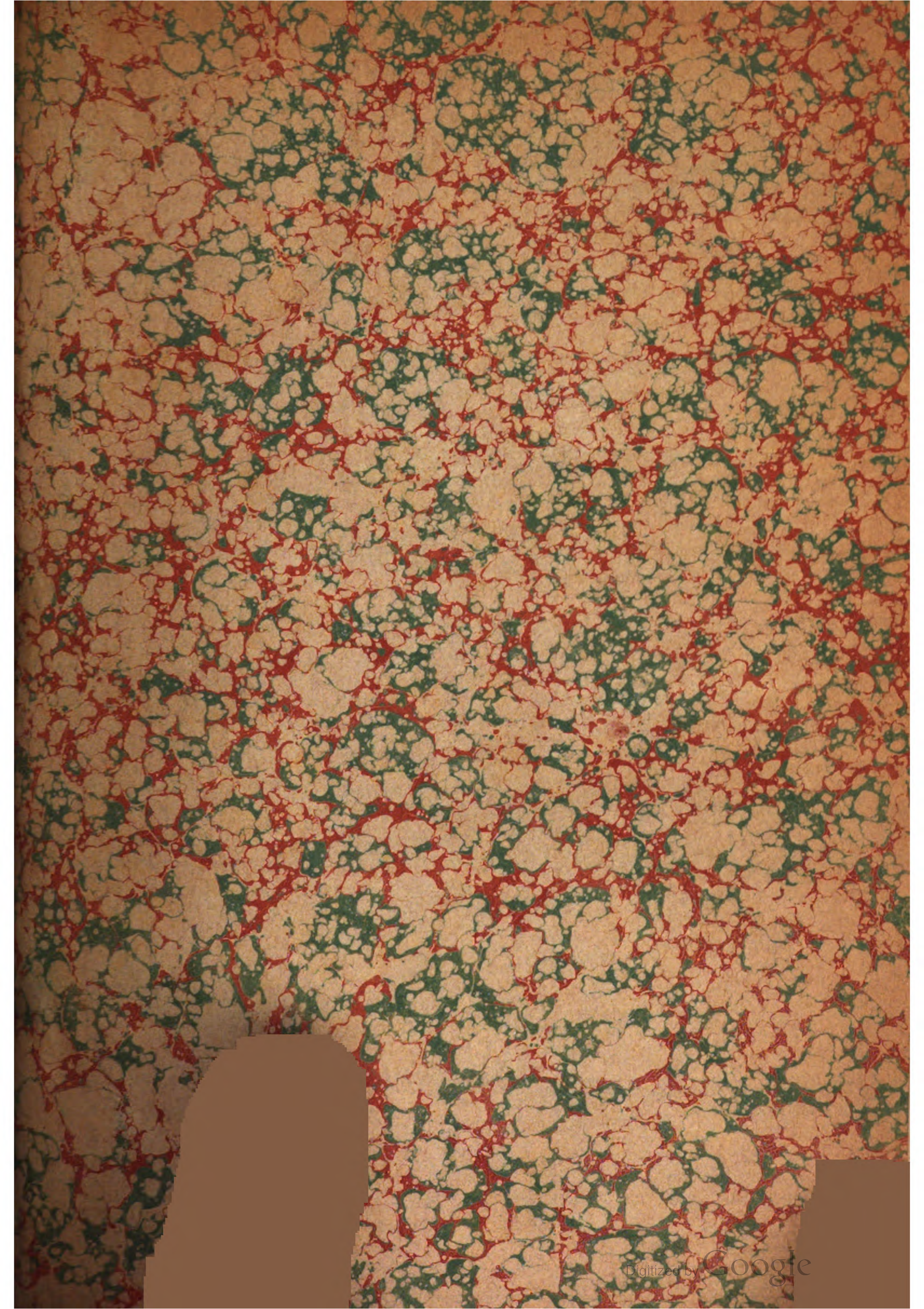
Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`



Digitized by Google



Google



Digitized by Google


UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
5319417417

D 22211 83 - 3 - 5

Revisado 1968

Digitized by Google

22211

Digitized by Google

Digitized by Google

# LABOREO

# DE MINAS.

Digitized by Google


Digitized by Google


Digitized by Google




D 22211 83-3-5

Revisado 1968

Digitized by Google

22211

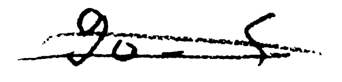
Digitized by Google

Digitized by Google

# LABOREO
# DE MINAS.

Digitized by Google

Digitized by Google



# ELEMENTOS

DE

# LABOREO DE MINAS

PRECEDIDOS

DE ALGUNAS NOCIONES SOBRE GEOGNOSIA Y LA DESCRIPCION DE VARIOS CRIADEROS DE MINERALES, TANTO DE ESPAÑA COMO DE OTROS REINOS DE EUROPA.

POR

*Don Joaquin Ezquerra del Bayo,*

*Alumno de la antigua escuela de caminos y canales de Madrid, discípulo pensionado por S. M. C. en la real academia de minería de Sajonia, ingeniero de minas de primera clase y profesor de laboreo y de mecánica aplicada á las minas en la escuela especial del ramo en esta corte.*



Madrid:

IMPRENTA DE DON SALVADOR ALBERT.

1839.

Digitized by Google

**Es propiedad del Editor.**

Digitized by Google

# INDICE

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN ESTOS ELEMENTOS.



Digitized by Google

SEGUNDA PARTE.



TERCERA PARTE.



Digitized by Google

## ADICIONES.



Digitized by Google

Digitized by Google



# Introduccion.

EL arte de labrar minas se ha descuidado durante mucho tiempo en España, al paso que en otras naciones ha adelantado estraordinariamente, marchando á un nivel con las ciencias que le sirven de base. Pocos son los establecimientos mineros que en España se hallan dirigidos segun todas las reglas del arte; pero ellos solos bastan para probar la necesidad que hay de seguir cierto órden y cierto método en el laboreo de los criaderos metalíferos.

Almaden, que es el que está mas ordenado, produce utilidades cuantiosas y fijas, y con todas las probabilidades de continuar produciendo indefinidamente, siempre que, una mano destructora, inesperta ó ambiciosa, no se mezcle en contrariar las disposiciones y prevision de los ingenieros facultativos del ramo. El criadero de Rio-tinto ha empeza-



Digitized by Google

do hace poco á ser cultivado en regla, y allí hay mineral para muchísimos años y aun siglos. Del criadero de la Cruz en Linares se han estraido y se están estrayendo cuantiosos productos sin faltar á las reglas del arte. Pero cuasi todos los demas establecimientos mineros de la Península, se hallan en poder y bajo la direccion de particulares que carecen de los conocimientos necesarios para el caso, y que por consiguiente no labran las minas sino que las *rapiñan*; voz de que nos valemos para espresar una labor, en la cual solo se trata de arrancar en poco tiempo la mayor cantidad posible de mineral, sin pensar en el porvenir, ni en la seguridad y permanencia de las escavaciones. Si continuamos de este modo no seria estraño que, antes de muchos años, perdiésemos ó inutilizásemos nuestros mas hermosos criaderos, como quizá empieza ya á verificarse en alguna parte.

Los moros y los romanos, y aun tal vez los fenicios, han cultivado muchas minas en nuestro territorio, como lo atestiguan las monedas y las inscripciones encontradas en varias escavaciones; pero sus *maestros*, bajo cuyo nombre comprendian toda clase de ingenieros y arquitectos, y que tal vez no eran otra cosa que unos meros prácticos no nos han trasmitido los sistemas que seguian, ni los medios que empleaban, ni mucho menos las reglas y principios en que fundaban sus trabajos. Probablemente no debe haber sido esta una gran pérdida, porque, hallándose entonces las ciencias y las artes mecánicas tan atrasadas, respecto al estado á que han llegado hoy dia, todos los métodos y todas las reglillas de aquellos maestros, nos interesarian muy poco en cuanto á poder sacar de ellas una utilidad real y efectiva.

Los que no conocian el manejo de la brújula, ni los efectos de la pólvora, ni la gran fuerza espansiva del vapor de

agua, ¿qué métodos podrian emplear que ofrezcan para nosotros un interes científico y económico? Efectivamente, por algunas labores que se han descubierto de las egecutadas en aquellos tiempos, se ve la penalidad con que se metian debajo de tierra. Como que todas las escavaciones las abrian á pico, tenian que hacerlas de pequeñas dimensiones, para que su coste no resultase escesivo; y por consiguiente, los hombres al transitar por ellas tenian que hacerlo à gatas ó arrastrando, y trabajar en una postura sumamente incómoda y penosa. Como carecian del conocimiento de la brújula, una vez internados en las entrañas de la tierra ya no sabian por donde andaban, y para orientarse tenian que abrir una infinidad de pozos que empezando en los subterráneos salian á la superficie, aumentándose de este modo considerablemente los gastos. Como sus conocimientos en mecánica eran tan limitados, no podian establecer grandes desagües artificiales, y por consiguiente no podian llegar con las labores á grandes profundidades; y en resúmen, tenian un método tan imperfecto de labrar las minas, que solo el escesivo valor de los metales en aquella época, y la costumbre de convertir en esclavos no solo los prisioneros de guerra, sino todos los habitantes de los paises conquistados, podia hacer que sus empresas mineras dieran algun resultado. De modo que, al ver las grandes sumas de oro y plata que los héroes romanos ostentaban en sus triunfos, el filósofo ú hombre pensador no podria menos de afligirse, considerando la miseria é infelicidad á que se hallaban reducidos los hombres destinados al penoso trabajo de estraer de la tierra los minerales de donde se obtenian aquellos metales preciosos. En el dia por el contrario, cuando se ven acumulados cualquiera clase de productos de la industria mineril, se escita desde luego la agradable idea de una porcion de familias que viven felices y con un cierto desahogo, ocupados en arrancar de las en-



Digitized by Google

trañas de la tierra las preciosidades y riquezas que nos ocultá en vano.

Si los antiguos no nos han trasmitido sus conocimientos sobre el arte de labrar minas, los modernos y los contemporáneos tampoco han tratado la materia de un modo satisfactorio, y no tenemos ninguna obra escrita que pueda servir de base y de guia á las personas que quieran dedicarse al estudio de este complicado arte.

*Agricola*, à mediádos del siglo XVI, publicó en latin en Basilea un tomo en 4.° mayor, y que tituló: *Re metálica*: es obra de muchísimo mérito para la época en que se escribió, pero desde entonces acá las ciencias y las artes han hecho tantos progresos, que ya no se puede leer à *Agricola* sino por mera curiosidad literaria, y para admirar el genio de aquel hombre.

*Abraham Gottlob Werner* goza en el mundo científico una gran reputacion como mineralogista únicamente, y sin embargo tanta ó mas merece como minero. Las obras que egecutó, y las que dejó empezadas ó proyectadas en los criaderos de Sajonia, demuestran sus profundos conocimientos y su gran prevision en el arte de labrar minas. Fué profesor de este ramo y dió lecciones públicas en Freiberg, pero no escribió nada para la imprenta. Sus discípulos compilaron en cuadernos las lecciones que le oían: pero cada uno se los ha reservado para su uso particular sin pensar en comunicarlos al público.

En frances tenemos la magnífica obra de *Heron de Villefosse*, obra que lleva el sello de todo lo que se hizo bajo la influencia del hombre de nuestro siglo, que sabia siempre conciliar lo útil con lo suntuoso. En esta obra, que tiene por título *La richesse minerale*, se encuentran recopilados un sin número de datos de cuasi todas las minas de Europa y aun de América, pero particularmente de los paises que

Digitized by Google

entonces constituían el reino de Westphalia, tanto por lo que respecta al laboreo de los criaderos, como por lo que hace al beneficio de los minerales y à la economía, en el órden de las labores y en el manejo de los capitales empleados en semejantes empresas. Pero, prescindiendo de que es una obra muy costosa para estar al alcance de los particulares, no se halla en ella establecida una teoría ordenada, que pueda servir de fundamento para enterarse en la parte científica de nuestro arte: es una obra mas bien para ingenieros ya formados, y que ninguno que quiera merecer el nombre de tal debe dejar de estudiar.

Los elementos prácticos de esplotacion escritos en frances por C. P. Brard, París 1829, no son bastante completos para servir de base al estudio del arte del laboreo de minas. Algunas materias las trata ligeramente, y otras ni siquiera las indica, al paso que se ocupa de otras que no son tan esenciales para un curso de laboreo. Por lo general no da la razon en que está fundada la práctica de las operaciones ó labores que se emplean; por consiguiente, sus datos no ilustran al ingeniero para un caso nuevo que se le pueda presentar. Sin embargo, es un manual que puede ser de mucha utilidad, y que por lo tanto se debe recomendar.

*Le guide du mineur*. Guia del minero y de los propietarios de minas de ulla, y en particular para las del departamento del Norte, publicado en París en 1826; dos tomos en 8.° con un atlas. Llena bastante bien su objeto, que es únicamente de utilidad local, para que los de aquel pais tengan una idea de los criaderos que allí se presentan, y del modo mejor de beneficiarlos. Esta obrita está llena de términos técnicos usados por aquellos mineros, lo cual puede servir de mucho ausilio al ingeniero para entenderse con ellos, pero nada mas.

Tambien tenemos un tratado sobre *la ciencia de la esplo-*

Digitized by Google

*tacion de minas*, escrito en aleman por *Christoval Delius*, y traducido al frances por M. Schreiber en 1778. Esta obra tiene mucho mérito si se considera el tiempo que hace que está escrita: las materias se hallan tratadas con órden y bastante estensamente. Presenta varios datos interesantes sobre las minas de Ungría, ó por mejor decir sobre las minas del distrito de Schemnitz en donde estuvo empleado; pero cuando quiere fundar en razones los principios que él sienta como fundamentales, se estravia bastante. Sin embargo, se debe tener presente que, cuando Delius escribió sobre minería no existia todavia la ciencia llamada geognosia, ni los progresos de la física y de la química habian penetrado hasta Schemnitz, cuya academia aun en el dia, está muy lejos de poderse presentar como modelo bajo ningun aspecto. La obra de Delius no es indispensable para un ingeniero de minas, pero puede serle muy útil.

La obra que no se puede recomendar bastante es, el periódico titulado *Annales des mines* que se publica en Paris por una comision de ingenieros del ramo. Es un repertorio de todo cuanto se ha hecho y se está haciendo en todo el mundo conocido con respecto á laboreo de minas y á beneficio de minerales, ó sea la metalurgia; refiere tambien ademas todos los descubrimientos importantes que se hacen en las ciencias que tienen una influencia inmediata en la minería, como son, la mineralogía, geognosia, química y mecánica. Es obra digna de un cuerpo facultativo y de un gobierno ilustrado. Este periódico empezó el año 3 de la república francesa, ó sea el 1794, y continuó hasta 1805 con el título de *Journal des mines*, formando todo lo publicado en este tiempo 40 volúmenes ó tomos en 8.° En 1816 volvió á aparecer muy mejorado y con el título de *Annales des mines*: se publica por entregas ó cuadernos que, cada seis, componen un tomo, y un cierto número de tomos forman una

série. Ahora estamos recibiendo la 3.ª série que empezó en 1832 y salen dos tomos cada año, de modo que, sea Journal ó Annales des mines, van ya pulicados 75 tomos.

En Berlin han querido imitar los anales de minas. El consejero Karsten, muy conocido por sus obras de metalurgia, publica con el nombre de *Archivos*, un periódico científico minero, intermitente, es decir que, sus tomos aparecen con intérvalos indeterminados. *Die Karstens Archiveh für Bergbau und Huetenwesen* no se pueden comparar con los anales de minas, sobre todo en la parte tipográfica; pero no por eso dejan de ser de sumo interes para un ingeniero de minas.

Los ingleses tampoco tienen, que yo sepa, ninguna obra elemental sobre laboreo, y lo que mas es, tampoco tienen un cuerpo especial de ingenieros de minas del gobierno, y sin embargo, sus minas son tal vez las que se hallan en el mejor órden y dirigidas mas científicamente; cosa que á primera vista parece una anomalía, pero que es muy fácil de esplicar. Cuando quieren emprender el beneficio de un criadero metálico, empiezan por buscar un ingeniero director, el cual, ó lo hacen venir del estrangero, ó hacen que uno del pais vaya á adquirir los conocimientos necesarios en una academia ó en un establecimiento análogo al que quieren plantear, y que sea el mas acreditado de Europa ó del mundo entero si es preciso: todos los demas elementos necesarios para una empresa industrial, sea de la clase que quiera, los encuentran en su mismo pais. Ellos tienen químicos y físicos profundos, sábios mineralogistas y geognostas con quienes consultar sobre las relaciones y calidad del criadero, y sobre el partido que se puede sacar del mineral; tienen fabricantes que les abastezcan de toda clase de herramientas, máquinas y demas ausilios que puedan necesitar; tienen maquinistas, herreros, carpinteros y toda clase de artistas in-

Digitized by Google

teligentes y prácticos; tienen operarios fuertes y robustos y en número suficiente; y por último, tienen leyes fijas, establecidas, egecutadas y respetadas sin lo cual no puede haber sociedad, ni se puede emprender ninguna clase de industria. De modo que, en una mina de Inglaterra llega el ingeniero director, hace su cálculo y su plan, y todo el mundo le entiende en la parte que le corresponde; resultando de aqui que, el establecimiento marcha desde el primer dia, como si fuese una cosa arreglada desde muchos siglos.

En España no podemos aspirar á un grado de civilizacion artística tan general y tan estendida como se halla en Inglaterra; por lo tanto necesitamos formar ingenieros que se dediquen esclusivamente al ramo de minas, y para esto es indispensable empezar por tener una obra elemental, en la que se establezcan los principios fundamentales del arte, y que fije las bases de las materias á que debe dedicar con mas particularidad su estudio, el que quiera ser ingeniero de minas. Pero la profesion del minero es demasiado estensa y complicada para que pueda desempeñarla toda ella completamente una misma persona; por esta razon se divide en dos partes ó secciones principales que son: *el laboreo de minas*, y la *metalurgia*; ciencias ambas, que, aunque tienen muchos puntos de contacto, necesitan sin embargo estudios y principios diferentes: la primera es esencialmente geogmétrica, la segunda está apoyada en la química. Sobre ninguna de ellas tenemos en español nada que merezca recomendarse, ni siquiera una traduccion.

Nadie puede desconocer que D. Luis Lopez Ballesteros, ministro de Hacienda en los últimos años del reinado de Fernando VII, dió un cierto impulso á la industria española en general, y muy particularmente á la minería. Para fomentar esta, adoptó el medio mas sencillo y mas eficaz, que

Digitized by Google

fue escuchar y dejar obrar á una persona inteligente en el ramo, apoyándole con su autoridad y con toda clase de ausilios. El ministro que quiera mezclarse en detalles de operacion no hará nunca nada. El hombre inteligente, activo y lleno de honradez é integridad que Ballesteros buscó para poner al frente de la minería, fue el difunto don Fausto de Elhuyar, á cuya memoria deben estar siempre reconocidos todos los mineros, y muy particularmente los ingenieros de minas.

Una de las medidas que adoptó Elhuyar por base para el fomento de la minería en España, fue el establecimiento de una escuela especial del ramo en esta corte, y para obtener profesores que desempeñasen las respectivas cátedras, le pareció el medio mejor, aunque sus efectos fuesen algo mas tardíos, enviar al estrangero personas ya iniciadas en ciertos conocimientos, para que en aquellos establecimientos mineros observasen y estudiasen el modo de cultivar las minas, y los métodos que allí se siguen para la enseñanza de ingenieros y capataces.

A mí me tocó ser uno de los elegidos para verificar estos viages, y á mi vuelta de ellos fuí nombrado para desempeñar las cátedras de laboreo de minas y de mecánica aplicada á ellas; por cuya razon y las dichas anteriormente, me ha parecido que no podria corresponder mejor á la confianza que de mí ha hecho el gobierno, sino publicando una obra elemental sobre las ciencias cuya enseñanza se halla á mi cargo.

No pretendo presentar un trabajo completo sobre el arte de labrar minas, porque mis fuerzas no son suficientes para tamaña empresa; pero me atrevo á esperar que, tanto los ingenieros como los propietarios de minas, podrán sacar alguna utilidad de mis *elementos de laboreo de minas*.



Digitized by Google

Digitized by Google

# Clasificacion

## DEL ESTUDIO DEL ARTE DE LABRAR MINAS.

Los trabajos de la industria mineril se dividen naturalmente en tres grandes grupos ó secciones principales. Lo primero de todo es saber que en tal localidad existen minerales que contienen sustancias de uso conocido, y que por consiguiente tienen un valor en el comercio. Despues entra el arrancar y estraer del seno de la tierra estos minerales; y por último, separar de los minerales las sustancias vendibles, sean ó no metálicas.

Para la primera parte nos sirven de ausilio la mineralogía, la geognosia y geología, y la docimaria, porque antes de emprender labores formales en un criadero, debemos asegurarnos no solo de si aquellos minerales contienen sustancias útiles, sino si estas son en cantidad suficiente para pagar los gastos de laboreo y beneficio; y para averiguar esto, son indispensables los ensayos docimásticos. Ademas, debemos tambien inquirir si hay probabilidad de que los minerales sean en abundancia, y que continúan en tal ó cual direccion, porque de nada sirve que un mineral sea rico si es escaso. Para estas investigaciones tenemos que recurrir á la geognosia y geología.

La segunda parte, que es arrancar y estraer los minerales

Digitized by Google

del seno de la tierra, constituye el arte del minero propiamente dicho, que es del que vamos á ocuparnos en este tratado.

Despues de estraidos los minerales, entra el separar de ellos las sustancias útiles, cuyo arte se llama en general *mineralurgia*, y cuando las sustancias que se estraen de los minerales son metales, entonces se llama *metalurgia.* El mineralurgista unas veces se vale del fuego, otras veces saca partido de las acciones y reacciones químicas de diferentes cuerpos, y otras veces valiéndose unicamente de sencillas operaciones mecánicas obtiene sus metales. Desgraciadamente en España se conoce muy poco la mineralurgia, y á esta falta es debido el mal éxito de muchas de nuestras empresas mineriles.

## *Mina, criadero, laboreo.*

Teniéndonos que ocupar de la parte de laboreo de minas, me parece lo mas natural empezemos por fijar lo que se entiende por *mina.* La mala inteligencia de esta voz, ha dado lugar á que muchos imprudentes se hayan arruinado con descrédito de la industria mineril y de los que se dedican á ella. Algunos creen que mina es una acumulacion de metales preciosos depositados en las entrañas de la tierra; que toda la dificultad está en tropezar con este depósito, pero que, en encontrándolo, ya no hay nada mas que hacer sino prevenir arcas para atestarlas de dinero. Pero nosotros llamamos *mina*, al conjunto de escavaciones, sean de la clase que quieran, practicadas con el objeto de arrancar y estraer de la tierra minerales que contienen sustancias de uso y utilidad conocida en la vida social, y que por lo tanto tienen un valor en el comercio. Asi decimos mina de sal, mina de carbon, mina de diamantes, lo mismo que se dice mina de oro, plata, cobre ó cualquier otro metal, y todo ello entra en la jurisdiccion del minero. Sin embargo, cuando el objeto de las escavaciones es estraer materiales de construccion para la arquitectura,

Digitized by Google

entonces reciben el nombre de canteras, (y tal vez por esa razon en España las han dejado fuera de la inspeccion y vigilancia de los ingenieros de minas, ni de ninguna otra clase de facultativos. Los legisladores franceses lo han entendido mejor en esta parte; todo lo que sea escavar con objeto de arrancar minerales, se llama alli minería, y por lo tanto está sujeto á la direccion de los ingenieros del ramo.

Tampoco se necesita que las escavaciones que constituyen una mina sean subterráneas; las hay *á cielo abierto* empezando por la superficie del terreno. La mina de Scharley, en Sileria, no es otra cosa que un grandísimo hoyo ó barranco, y lo mismo sucede á la de sal de Cardona.

Tambien suelen algunos entender por mina la masa de minerales que son objeto de las escavaciones, pero esto, en términos técnicos se llama *criadero*, y asi cuando se dice v. gr., que en América los españoles descubrieron muchas minas de oro y plata, es un modo de hablar muy poco ecsacto, porque, lo que los españoles descubrieron fueron criaderos, y despues abrieron ó labraron minas para utilizarse de ellos.

La voz *criadero*, ya admitida como técnica entre nosotros, escita la idea de que los minerales se crian y reproducen en el seno de la tierra al modo de las patatas y demas plantas tuberculosas. Este error ha prevalecido durante muchísimo tiempo, y aun en el dia mismo, el vulgo minero de Sajonia y de cuasi todo Alemania están persuadidos que, varios minerales estériles se ennoblecen con el trascurso del tiempo, sobre todo la blenda ó súlfuro de zinc dicen que, al cabo de pocos siglos, se convierte en súlfuro de plata. Tambien creen que cantando y sobre todo silvando dentro de los subterráneos, se ahuyentan los metales y se les impide crecer y ennoblecerse, con otras mil vulgaridades. Por consiguiente la voz criadero es falsa, y parece que debia buscarse otra que la sustituyese; pero puesto que con ella nos entendemos, la seguiremos usando.

El hacer las correspondientes escavaciones y demas operaciones necesarias para arrancar y estraer del seno de la

Digitized by Google

tierra los minerales que constituyen un criadero, es lo que se llama *labrar minas*; y el conjunto de reglas y de prácticas que estas operaciones exigen, constituyen el *arte del laboreo de minas*.

Despues de estraidos los minerales, pasan á manos del mineralurgista para que, con sus manipulaciones, les estraiga los metales ó cualquiera otra sustancia útil en ellos contenida, poniéndolos en disposicion de que circulen por el comercio. La suma de operaciones hechas por el minero y por el mineralurgista, es lo que se llama *beneficiar un criadero*.

El beneficio de un criadero es una operacion fabril y mercantil como otra cualquiera, y por consiguiente se debe tratar de verificarla lo mas económicamente posible para sacar mayores utilidades. Si los gastos superan á los productos, habrá que abandonar la empresa, á menos que, no se tengan fundadas esperanzas de que el criadero ha de mejorar en calidad ó en cantidad, para lo cual puede dar mucha luz la geognosia.

Para labrar las minas con economía, lo primero es indispensable establecer el mayor órden en los trabajos y distribucion de los operarios: sin órden y sin aseo no pueden prosperar fábricas de ninguna especie.

Las ciencias, y particularmente la mecánica, prestan un grande ausilio para labrar las minas con economía, porque proporcionan medios para hacer habitables los subterráneos, en los cuales muchas veces se producen aires mefíticos que el hombre no puede respirar; la mecánica suministra máquinas para verificar desagües y para estraer los minerales de grandes profundidades con poco gasto y con mucha facilidad. Por consiguiente, cuantos mas progresos hagan las ciencias, mayor impulso y actividad tendrán las empresas mineras. En Sajonia se está viendo todos los dias emprender de nuevo las labores en criaderos abandonados antes por estériles. ¿Cómo habian de figurarse los antiguos que pudiese reportar utilidad el estraer, de 2000 pies de profundidad, un mineral que se presenta en roca durísima, y que solo con-

Digitized by Google

tiene 1½ onza de plata por quintal, como sucede en Freiberg? Es cierto que la metalurgia ha mejorado y economizado mucho los gastos en sus procedimientos, pero tambien sin las máquinas de desagüe y de estraccion que se usan en el dia, y que no conocian los antiguos, el metalurgista no podria comprar los minerales á tan bajo precio como allí los compra, y por consiguiente no sacaría utilidad en su beneficio.

En España mismo tenemos varios egemplos de lo dicho. Todas las labores que hace 80 años están dando tan cuantiosos productos de cobre en el criadero de Rio-tinto, se han practicado y se están practicando sobre un mineral que despreciaban los romanos, como demostraremos á su tiempo. El beneficio de los escombros ó zafras antiguas en los criaderos de Linares, han sido en estos últimos años objeto de lucrativas especulaciones, y todavía no están acabados de rebuscar.

No puede ser objeto del presente tratado enseñar á conocer los minerales, ni cuáles de entre ellos son los que merecen la pena de ser arrancados y estraidos de la tierra, en razon á su utilidad en las artes; ya hemos dicho que esta parte corresponde á la mineralogía y á la docimasia. Tampoco nos ocuparemos de la medicion y representacion gráfica, tanto de la superficie del terreno en que se hallan los criaderos, como de las escavaciones practicadas ó que se traten de practicar en ellos. Estas operaciones que, hasta ahora se habia creido constituían esclusivamente la ciencia del ingeniero de minas, ó lo que en Almaden se llamaba un *delineador*, son tan sencillas que, se reducen á la aplicacion de los conocimientos adquiridos con el estudio del primer año de matemáticas. Al que profesa esclusivamente esta parte, llamaremos nosotros el *geómetra*; en Alemania lo designan con el nombre de *Markscheider*.

La ciencia que profesa el geómetra minero acostumbran á llamarla *geometría subterránea*; pero este es un nombre que debe abandonarse enteramente. La geometría es siempre la

Digitized by Google

misma, tanto en la superficie de la tierra como debajo de ella.

Tampoco nos toca á nosotros, vuelvo á repetir, el dar á conocer ninguna de las infinitas operaciones y manipulaciones que se requieren para separar de los minerales las sustancias útiles y vendibles, que ha de recibir el comercio en el estado de mayor pureza posible. A nosotros, como meramente mineros, nos han de marcar no solo la localidad, sino tambien el punto en donde debemos atacar la superficie del terreno, y la direccion que habemos de llevar en lo interior para tropezar con el criadero, si es que este no asoma á la superficie y nos hayan prescrito el seguirlo desde luego. Una vez llegados á tocar en el criadero con nuestras labores, el geognosta y el geómetra dejan de darnos sus órdenes, antes mas bien este último se halla entonces bajo nuestra dependencia; asi es como cesan nuestras funciones en el momento que los minerales han salido á la superficie.

Para hacer comprender mejor cuáles son las operaciones que tiene que saber egecutar el minero propiamente dicho, me ha parecido lo mas sencillo formar el cuadro sinóptico que va al fin de este capítulo, en el cual se presenta á un golpe de vista todo lo que comprende el arte de labrar minas.

Para leer en este cuadro, hay que unir los renglones adelantando siempre una columna hácia la derecha. v. gr. «El arte » del laboreo de minas tiene por objeto hacer y fortificar las » escavaciones subterráneas verticales de beneficio en roca fir» me estratificada, cortando la estratificacion.»

« El arte del laboreo de minas tiene por objeto hacer tran» sitables y habitables las escavaciones subterráneas inclinadas » por medio de desagüe artificial."

« El arte del laboreo de minas tiene por objeto estraer los » minerales de las escavaciones subterráneas, trasportándolos » horizontalmente sobre agua por medio de barcos de va» por. &c. &c."

Desde luego se ve que este arte se divide naturalmente en tres partes principales, á saber:

1.ª Hacer y fortificar escavaciones.
2.ª Hacer habitables y transitables las escavaciones.
3.ª Estraer los minerales de las escavaciones.

Ya hemos dicho que las escavaciones que constituyen una mina pueden ser á cielo abierto y pueden ser subterráneas; pero luego entra otra clasificacion con respecto al fin que nos propongamos conseguir con la apertura de estas escavaciones. Si solo se trata de lo material de arrancar mineral, las escavaciones se llamarán de *beneficio*, y segun sea la masa y disposicion del mineral que constituye el criadero, variarán la forma y dimensiones de estas escavaciones.

Tambien hay necesidad de hacer en toda mina ciertas escavaciones para estraer con mas facilidad los minerales, para dar ventilacion á los subterráneos, para verificar el desagüe, &c. &c. A todas estas escavaciones las llamarémos en general *ausiliares*, y sus dimensiones dependerán esencialmente del objeto á que se destinan, y no de la clase de roca que hay que atravesar.

## *Fortificar escavaciones.*

---

Sea la que quiera la clase de escavacion que se trate de egecutar, lo primero que se necesita es romper la roca para formar una cavidad; y despues, es preciso hacer de modo que esta cavidad sea permanente, ó que no vuelva á cegarse durante el tiempo que tengamos necesidad de transitar por ella. Para conseguir esto, si la roca es consistente, bastará dar á la escavacion una forma y dimensiones adecuadas á la naturaleza de la roca y al objeto de la escavacion; pero, si la roca no es de suyo consistente y firme, habrá necesidad de construir obras de enmaderacion ó bien de mampostería, con el objeto de sostener y conservar las paredes de la escavacion, y evitar de este modo el que se vuelvan á reunir ó que se desmoronen, en cuyo caso dejaría de ecsistir la cavidad. Estas obras de en-



Digitized by Google

maderacion y mampostería constituyen la fortificacion de las minas, cuyo estudio es uno de los mas importantes en el arte del laboreo.

Cuando la fortificacion se verifica con maderas recibe el nombre peculiar de *entivacion*, y *entivadores* son los operarios que en ella se ocupan.

Las obras de fortificacion, bien sean con entivacion ó con mampostería, variarán esencialmente segun que las escavaciones sean horizontales, verticales ó inclinadas. En un pozo vertical, por egemplo, habrá que colocar los puntales de diferente modo que en una galería horizontal, puesto que en el primer caso las presiones que hay que resistir son laterales, y que en el segundo son verticales: y tambien variará el método de fortificacion segun sea la calidad de la roca; si ella es firme bastará, v. gr., un puntal para sostener una masa, para la cual se necesitarían ocho ó diez puntales si la roca fuese suelta ó poco consistente.

La fortificacion debe hacerse de modo que no ofrezca peligro el transitar por la escavacion, pero que al mismo tiempo tenga el menor coste posible; y aqui entra la eleccion de si se ha de verificar con mampostería ó con entivacion, segun las circunstancias particulares de la localidad de la mina y del objeto de la escavacion, como especificaremos á su debido tiempo.

*Hacer transitables y habitables las escavaciones.*

---

Ademas de la consistencia, ó mas bien, estabilidad que deben tener las escavaciones, para que estas sean transitables necesitan antes de todo, tener ciertas dimensiones, á fin de que, cuando menos quepa por ellas un hombre aun cuando sea arrastrando. Sin embargo, siempre que las circunstancias lo permitan, deben darse unas dimensiones convenientes para que el minero pueda transitar enteramente derecho y sin agobiarse. Es cierto que muchas veces un pie mas de anchura ó de altura en una escavacion aumenta los gastos, hasta el pun-


Digitized by Google

to de consumir todas las utilidades que se podrian reportar; pero, fuera de este caso estremo, el empresario debe hacer algun sacrificio en favor de la humanidad, y no abusar de la miseria y necesidad de los operarios.

En las minas de ulla de *Altekirche* en la Baviera del Rhin, la galería principal de entrada tiene solo tres pies de altura, y por consiguiente para transitar por ella hay que ir todo agoviado, con la cabeza junto á las rodillas. Lo que es las escavaciones de beneficio, no pasan de 14 pulgadas de altura, de modo que hay que ir arrastrando y servirse de los codos para que hagan el oficio de pies, y en esta misma penosa posicion tienen que trabajar y manipular los operarios. En las bien entendidas labores del criadero cobrizo de *Mansfeld* en Thuringa, que ahora pertenece al reino de Prusia, las escavaciones tampoco tienen mas de 14 pulgadas de altura, y por ellas acarrean el mineral en unos carritos proporcionados que se enganchan á un pie del operario, el cual va arrastrando su cuerpo y tirando al mismo tiempo de la carga. En Riotinto se han descubierto escavaciones antiguas tan angostas, que apenas se concibe cómo los hombres podian transitar, cuanto menos trabajar en ellas. Todas estas penalidades se deben evitar al minero en lo posible, y al gobierno toca el vigilar sobre ello.

Uno de los mayores enemigos que tiene el minero dentro de los subterráneos, es el agua que, infiltrándose por los intersticios de las rocas, viene á depositarse en las escavaciones, haciéndolas por consiguiente intransitables. Para desembarazarse de ella es necesario establecer desagües, bien sean naturales, dando salida al agua por medio de galerías y de socabones; bien sean artificiales, por medio de máquinas que la eleven y estraigan á la superficie.

Para transitar por las escavaciones, es indispensable que haya un camino sobre que andar. Muchas veces bastará el mismo piso de la escavacion, con solo arreglarlo un poco para mayor comodidad de los mineros, y entonces será un *camino natural*; pero otras veces, para poderse trasladar de un punto

Digitized by Google

á otro de los subterráneos, habrá necesidad de construir tinglados de madera, ó bien pisos de mampostería; tambien por medio de escalas, cuerdas y otros artificios, se trasladan los mineros de un punto á otro dentro de los subterráneos, todo lo cual constituye lo que llamaremos *caminos artificiales.*

Por poco que se internen las escavaciones de una mina, ya no puede penetrar en ellas la claridad del dia, y es preciso proporcionarse una iluminacion, que en la mayor parte de los casos es por consiguiente artificial. De aqui resulta que, para trabajar dentro de una mina, es indiferente el que sea de dia ó de noche en la superficie, lo cual permite el que pueda haber constancia y regularidad en las horas de trabajo, prescindiendo de que sea invierno ó verano, y los dias mas largos ó mas cortos que las noches. Esta regularidad en los trabajos contribuye muchísimo á la economía.

No basta solo el poder transitar los subterráneos; es necesario poder permanecer en ellos durante algun tiempo, y tal vez muchos hombres reunidos en muy poco espacio. Estos hombres necesitan una cierta cantidad de aire atmosférico para la respiracion, cuyo aire no suele estar muy puro en los subterráneos, no solo á causa del que los hombres y las luces inficionan, sino tambien en razon á los gases mefíticos que algunos minerales producen. Por lo tanto, es indispensable hacer de modo que el aire atmosférico esterior se introduzca y circule libremente por los subterráneos, lo cual se consigue muchas veces con solo abrir ó cerrar ciertas comunicaciones, que es lo que llamaremos *ventilacion natural*, puesto que se funda únicamente en la diferente gravedad específica que tiene cada fluido gaseoso ó aeriforme.

En las inmensas escavaciones de las minas de Freiberg, que todas ellas se comunican entre sí, hay establecidas una porcion de puertas que están abiertas ó cerradas segun es la estacion del año, y segun la direccion que quieren dar á la ventilacion. Este sistema de puertas está tan bien entendido y tan bien combinado que, si al pasar por ellas no se dejan en el mismo estado en que estaban, al momento se esperimenta

Digitized by Google

ó bien una gran corriente de aire que apaga las luces, ó bien una atmósfera tan densa que incomoda á la respiracion; y esta es una de las razones porque no se permite á ningun estrangero bajar á las minas sin ser acompañado de un capataz ó sota-capataz.

Muchas veces hay que establecer mangas, tubos y otros artificios para decidir la corriente y renovacion del aire; y cuando esto no basta, se colocan máquinas, por medio de las cuales se introduce aire atmosférico en los sitios que lo necesitan, ó bien se estrae el aire inficionado, el cual es reemplazado naturalmente por el del esterior. Todo esto forma el objeto de la *ventilacion artificial.*

Para establecer y dirigir con acierto la ventilacion de los subterráneos, son indispensables ciertos conocimientos de física. Es preciso conocer las propiedades del aire y de los diferentes gases que se pueden desenvolver en los subterráneos; conocer sus gravedades específicas respectivas y su influencia en la economía animal, para procurar desembarazarse de los perniciosos, y darles una direccion que no impida la marcha de las labores. Cuando faltan estos conocimientos, lo que se hace es andar á tientas ensayando medios de dar buen aire á los subterráneos, lo cual se consigue al cabo de mucho tiempo y con muchos gastos, ó no se consigue nunca, con notable perjuicio en la salud de los pobres mineros.

Con que, en resúmen, para hacer transitables y habitables las escavaciones subterráneas, bien sean horizontales, verticales ó inclinadas, habrá que formar un camino ó piso, sea natural ó artificial; se habrá de proporcionar un desagüe natural ó artificial; habrá que procurarse una iluminacion, y será preciso establecer una ventilacion natural ó artificialmente.

### *Estraer los minerales de las escavaciones.*

---

No es solo el mineral útil el que hay que estraer de las escavaciones; en primer lugar, porque nunca se puede arrancar

Digitized by Google

tan limpio, que no vaya mezclado con parte de la matriz por mucho cuidado que se ponga en la primera monda ó eleccion que se hace dentro de la mina; y en segundo lugar, porque, como hemos dicho, no todas las escavaciones que se practican son de beneficio. Es verdad que, en razon de la economía que debe presidir en todo laboreo, se trata siempre de aprovechar en lo posible la roca estéril arrancada, empleándola en obras de fortificacion y en rellenar las cavidades que no han de servir para la comunicacion interior ó esterior; pero sin embargo de esto, siempre hay necesidad de estraer mucha roca estéril á la superficie, lo cual causa algunas veces mucho embarazo y gastos de no poca consideracion.

En las escavaciones á cielo abierto no se pueden variar mucho los métodos de trasporte y estraccion, pero en las subterráneas exigen una disposicion particular segun que ellas sean horizontales, verticales ó inclinadas. En las escavaciones subterráneas horizontales será cuasi siempre ventajoso y económico el establecer carriles de madera ó de hierro, y tambien muchas veces se aprovecha el desagüe para verificar la estraccion por medio de barcos. En las minas de Silesia, del Hannover, y sobre todo en las de ulla de Inglaterra, hay establecidas navegaciones subterráneas de mucha consideracion, que continúan varias leguas antes de salir á la superficie, y hasta con sus esclusas para compesar desniveles, como veremos á su tiempo.

Por lo que hace á los caminos de hierro, lo mismo que las máquinas de vapor, su primera y mas general aplicacion ha sido en los establecimientos mineros, porque, en ellos es donde mas se sutiliza el ingenio para buscar medios de economizar hasta en lo mas mínimo.

La estraccion de minerales por escavaciones verticales puede verificarse por medio de poleas, es decir, cargando el mineral en cubos atados al estremo de una cuerda que pase por la polea, al modo que en los pozos de agua ordinarios, ó como se usa en la construccion de edificios para subir los materiales

Digitized by Google

mis

ha
lo
cie
de

E

H

su

Digitized by Google

Digitized by Google

En lugar de la polea se puede establecer un torno ó manubrio, al cual se pueden aplicar dos ó mas hombres, y es el método mas en uso y mas ventajoso, cuando la escavacion no tiene una gran profundidad, ó que la cantidad de minerales que hay que estraer no es muy considerable. Pero cuando la profundidad es grande, y la cantidad de minerales es de consideracion, en ese caso el método mas económico es establecer una máquina llamada *Malacate* ó *Baritel*, cuya máquina puede ponerse en accion con fuerza de sangre, es decir, por medio de hombres ó de caballerías, y tambien se puede poner en movimiento por la accion de una caida de agua, ó por el vapor. La eleccion ó preferencia de cada uno de estos métodos dependerá de las circunstancias locales de cada establecimiento; si hay combustible abundante y barato en las inmediaciones, se deberá preferir una máquina de vapor ó *Malacate de vapor*; si hay cantidad de agua suficiente, que se conserve constante en todas las estaciones del año y con una caida ó desnivel proporcionado, será mas ventajosa una rueda hidráulica; pero si se carece de estos dos agentes, será necesario recurrir á caballerías para que pongan el malacate en movimiento.

Para verificar la estraccion de minerales por galerías inclinadas, habrá que modificar la disposicion de los cubos ó toneles en que se verifique la estraccion, evitando el rozamiento de ellos contra el suelo por medio de ruedas, rodillos y otras combinaciones que daremos á conocer. Por lo demas, en lo esencial las máquinas serán las mismas que para la estraccion por escavaciones verticales.

Digitized by Google



# NOCIONES PRELIMINARES.

## ALGUNAS IDEAS SOBRE GEOGNOSIA.

Para poder comprender bien el modo como se presentan los criaderos ó depósitos de minerales, y las relaciones que pueden tener con las rocas en que se hallan, digámoslo así, encajonados, es indispensable poseer de ante mano algunos conocimientos de la ciencia llamada *geognosia*, cuyos conocimientos por desgracia se hallan hasta ahora muy poco estendidos entre nosotros; y sin ellos la minería no puede hacer progresos notables.

No poseyendo en nuestra lengua ninguna obra de geognosia á que podernos referir, nos vemos obligados á presentar aqui algunas nociones ó ideas de dicha ciencia, sin las cuales no seria facil se pudiesen comprender las descripciones que hiciésemos de los diferentes criaderos que tenemos que estudiar, ni las labores que en ellos se deben egecutar. Nos descartarémos de todo lo que no tenga relacion con este objeto, y solo hablarémos de lo mas preciso, porque de otro modo seria necesario hacer una obra demasiado voluminosa, que es contrario á lo que nos hemos propuesto.

La geognosia es una ciencia muy moderna y no ha hecho verdaderos adelantos sino de pocos años á esta parte; pero en

Digitized by Google

desquite en el dia se ha hecho una ciencia tan de moda (fuera de España) que todo el mundo se cree con derecho á dar su pincelada en la materia, aun cuando no haya visto ni siquiera de lejos una montaña.

Parece increible á primera vista el que desde la mas remota antigüedad se tengan unos conocimientos tan ecsactos sobre el movimiento de los cuerpos celestes, y que solo á fines del siglo pasado se haya empezado á entender algo de cómo está arreglada la corteza de nuestro globo: pero, reflecsionando un poco se vé bien clara la esplicacion de esta al parecer anomalía. Los fenómenos astronómicos estan en continua actividad, y lo han estado desde una época que la imaginacion se pierde cuando trata de considerarla; el sol sale y se pone todos los dias; la luna renueva sus fases periódicamente y siempre del mismo modo; los planetas tienen sus movimientos constantes &c. &c.; por consiguiente, el primer hombre que se puso á considerar la bóveda celeste, supo ya algo de astronomía. No sucede lo mismo en la geognosia; sus fenómenos se suceden con interrupcion y sin período marcado, de modo que no se puede predecir en qué tiempo se repetirán; y la mayor parte de estos fenómenos, ó bien se han verificado cuando todavía no ecsistían hombres sobre la tierra, ó se verifican de un modo tan lento que no basta la vida de un hombre para percibirlos. Por otra parte, el astrónomo desde su observatorio ve pasar todos los dias sobre su cabeza la mitad de la bóveda celeste; al paso que, el geognosta, antes del establecimiento de las diligencias y del descubrimiento de los barcos de vapor, apenas podia recorrer una pequeña porcion de la superficie de la tierra, aun cuando emplease en esta ocupacion la mayor parte de los años de robustéz y actividad de su vida. Un viagero como Alejandro de Humbold es una cosa estraordinaria, pero al fin es un hombre de nuestra época.

A medida que la civilizacion vá haciendo progresos, los hombres aumentan sus relaciones y sus comunicaciones. Las observaciones que hace hoy un geognosta en el Japon ó en el Cabo de Buena-Esperanza, las leen dentro de pocos meses los

geognostas de Europa, de América y de China, y vice-versa. (1) Esa multiplicidad de periódicos científicos que circulan por toda la Europa civilizada, dan un movimiento tal á toda clase de ciencias, que estas no pueden menos de ir siempre hácia adelante, y escitan en el hombre pensador la idea de un porvenir el mas alhagüeño para el entendimiento humano.

No hay duda ninguna que el verdadero camino para progresar en una ciencia de hechos, cual es la geognosia, es reunir el mayor número de datos y de observaciones posibles para que, comparándolas todas ellas entre sí, se pueda establecer una teoría que esplique el modo cómo se han verificado los fenómenos ya observados, y poder anunciar de antemano los que se presenten de nuevo á nuestras investigaciones. Pero por otra parte, si despues de ya hechas cierto número de observaciones, no se establece ó supone una teoría que sirva de base á las que se sigan haciendo, se corre el peligro de gastar infructuosamente el tiempo con investigaciones que no contribuyan de ningun modo al descubrimiento de la verdad, al paso que se descuidarán otras que hubieran podido dar mucha luz. Si la teoría supuesta no fuese completamente satisfactoria, todo se reduce á abandonarla y establecer otra nueva, lo cual es siempre un verdadero progreso en toda clase de ciencias.

### *Teoría fundamental de la geognosia.*

---

Los geognostas han estado y están todavía divididos en dos grandes secciones con respecto á sus opiniones científicas; los unos son *neptunianos* y los otros *plutonianos*. Los primeros suponen que todas las rocas de que se compone la corteza del globo, han sido formadas esclusivamente por el agua; y los otros dicen que la mayor parte de las rocas han sido formadas por el fuego. Estos dos partidos se han agriado algunas veces

(1) Hace ya tiempo que en Canton y en Calcuta hay establecida una sociedad de personas científicas que, entre otras cosas, se ocupan de geognosia.



de tal modo en sus controversias, que han llegado á tratarse mútuamente de un modo impropio entre hombres dedicados á ciencias, siendo esto un borron en la historia de la geognosia.

La teoría neptuniana se ha abandonado en el dia hasta en la misma escuela que la vió nacer, sin que por esto el célebre Abraham Gottlob Werner, que fue su fundador, deje de merecer el título de sábio, y de haber sido el que mas ha contribuido al progreso de esta ciencia.

La teoría plutoniana es ahora la mas generalmente admitida, porque efectivamente, con ella se esplican todos ó cuasi todos los fenómenos observados, y por lo tanto será la que vamos á esponer, presentándola del modo que nosotros la concebimos.

Las observaciones geognósticas hechas en diferentes puntos del globo, han dado á conocer que la masa ó conjunto de rocas que constituye su corteza, ha sufrido muchas alteraciones y muchos rompimientos en diferentes épocas, mas ó menos remotas. En el dia mismo estamos continuamente esperimentando el efecto de los volcanes y de los terremotos, resultando de ellos sublevaciones de terrenos en unos parages, y hundimientos considerables en otros: verificándose ambos fenómenos, ó bien repentinamente y con estrépito, como sucedió con la isla de *Julio*, que apareció en los mares de Italia en julio de 1831, y que luego volvió á desaparecer; y como sucedió en las costas de Chile en 1822 y 1834 que se elevó el mar cerca de dos varas; ó bien paulatina é insensiblemente como se observa en las costas de algunos mares, y en las escavaciones de ciertas minas.

Las costas del mar Báltico se elevan gradualmente y con una lentitud, que solo puede percibirse su efecto al cabo de cierto número de años. Las costas de la Grœnlandia por el contrario, bajan. Pero lo mas notable en esta parte es, el movimiento alternativo que han sufrido y están sufriendo ciertos parages de las costas de Italia, cuyos movimientos están comprobados de una manera auténtica, como se puede ver en una memoria de *James D. Forbes* traducida en estracto en el *Journal de Géologie de Boué*, *núm.* 4, *Août* 1830. *Paris.*

Digitized by Google

Pero no es esto solo; se observa ademas que cierta clase de rocas se hallan algunas veces sobrepuestas y atravesando á otras que, por lo general, se encuentran siempre encima de aquellas. Tambien se ven otras rocas cuyos estratos ó lajas están tan doblados y replegados, que no se concibe hayan podido tomar aquella forma, sino es suponiendo que su masa se haya hallado alguna vez en un estado *igneo-pastoso*.

Esta es efectivamente la idea fundamental de la teoría geognóstica que vamos á esponer. *La masa de nuestro globo debió hallarse en cierta época en un estado fluido-igneo-pastoso*: y á medida que ella se iba enfriando, su parte esterior se iba consolidando, y formando una corteza que encerraba dentro de sí un núcleo de masa ígnea.

Cuando el calórico abandona á un cuerpo, las moléculas ó partes constituyentes de este obedecen á la ley de su atraccion mútua, resultando una disminucion en el volúmen total del cuerpo. Segun este principio, á medida que la corteza del globo se enfriaba, debia contraerse, esto es, disminuir de volúmen, y la materia ígnea del interior hallándose mas comprimida, debia cada vez adquirir mayor fuerza espansiva, cuya fuerza estaba contrarrestada por la resistencia ó cohesion de la corteza. Pero cuando la fuerza interior adquirió mas intensidad, la corteza del globo tuvo que ceder, y fue rota y quebrantada en diferentes puntos. Entonces la masa ígnea brotó ó salió afuera por las roturas hechas, y esta espansion restableció de nuevo el equilibrio.

Aunque la atmósfera tenia entonces una temperatura mas elevada que la que tiene hoy dia, sin embargo, era mucho menor que la de la masa interior; por consiguiente, la parte de esta que habia salido á la superficie se fue enfriando, y sus partes constituyentes cristalizaron con mas ó menos perfeccion, segun una porcion de circunstancias inapreciables para nosotros en el estado actual de las ciencias. La corteza se consolidó de nuevo en toda la estension de la superficie terrestre, y esta segunda corteza considerada en total, debe distinguirse de la *corteza primitiva* por su falta de homogeneidad y continuidad de masa.

Digitized by Google

## *Característica general de las rocas igneas.*

Las rocas que constituían la corteza primitiva son efectivamente muy homogéneas en su composicion. Sus elementos se fueron enfriando lenta y sucesivamente, tomando una testura en hojas ó *lajas*, pero al mismo tiempo estas lajas presentan un principio de cristalizacion en sus partes componentes.

Parece que el *gneis* es la mas perfecta entre todas las que se presentan en la corteza primitiva; sus tres elementos el *cuarzo*, la *mica* y el *feldespato*, se hallan repartidos con igualdad y simetría. Otras rocas de la corteza primitiva se componen de dos ó de uno solo de dichos tres elementos, como si hubiera faltado algo al tiempo de su consolidacion; por esta razon se ha adoptado la voz de *rocas gneísicas* para todas las que constituyeron la corteza primitiva, y se ha desterrado enteramente de la geognosia la denominacion de terrenos primitivos usada antiguamente de un modo tan vago, que solo servia para embrollar el estudio de la ciencia.

El fenómeno de enfriarse y contraerse la corteza del globo, y brotar ó salir afuera la materia ígnea interior, se ha repetido varias veces como lo demuestran las observaciones hechas hasta ahora en todos los puntos conocidos del globo. Pero cuantas veces la corteza del globo haya sido quebrantada, es lo que todavía no está bien determinado; y la gran dificultad que para ello se presenta consiste en que, cada erupcion no se verificó instantánea y simultáneamente en los diferentes puntos quebrantados de la corteza terrestre, sino durante un período de tiempo mas ó menos largo, y con mayor ó menor intensidad en cada punto de las masas eruptivas; de modo que, en cada época geognóstica, no tienen un carácter bastante marcado para poderlas distinguir siempre. A pesar de todas estas dificultades, por el resultado de las observaciones hechas hasta el dia, parece que se pueden marcar cuatro épocas

Digitized by Google

principales ó generales de erupcion de la materia ígnea, á través de la corteza del globo, á saber:

1.ª Erupcion de las rocas graníticas.
2.ª ——— de las rocas porfídicas.
3.ª ——— de las rocas basálticas.
4.ª ——— de las rocas lávicas.

Todas estas rocas procedentes de la erupcion ó espansion de la masa ígnea interior, reciben el nombre genérico de *rocas volcánicas*, *rocas eruptivas ó rocas cristalinas*. Su carácter esencial es la cristalizacion mas ó menos completa de sus partes componentes.

*Las rocas de la 1.ª erupcion* se distinguen de las demas en que sus partes constituyentes son todas sustancias cristalizadas, y entre estas sustancias las que mas generalmente predominan son el cuarzo, la mica y el feldespato, tomando la denominacion de estos tres minerales bajo la acepcion mas lata posible; es decir, comprendiendo en cada una de ellos todas las variedades que nos presenta la naturaleza; como por egemplo, bajo el nombre genérico de cuarzo, geognósticamente hablando, debe entenderse el cuarzo comun, el hialino, cristal de roca, amatistas, &c. &c.

El *granito* es una roca compuesta casi esclusivamente de cristales de cuarzo, de mica y de feldespato reunidos con igualdad en toda la masa, la cual por consiguiente resulta ser homogénea; pero su testura no es hojosa ó en lajas como la del gneis, sino que al fracturarla saltan los pedazos en todas formas y sin seguir direccion marcada. Este último carácter es general para todas las rocas graníticas, pero con la diferencia de que algunas de ellas están compuestas de solo uno ó dos de los tres elementos, y entonces reciben nombres particulares, tal como *Eufótida*, *Eurita*, *Gabro*, &c.

*Las rocas porfídicas* están igualmente formadas por la reunion de cristales de cuarzo, mica y feldespato; pero estos cristales, en lugar de estar inmediatamente unidos unos con otros, como sucede en las rocas graníticas, se hallan embutidos, digámoslo así, ó diseminados en una masa que les sirve

Digitized by Google

de cemento. Este cemento, si se observa con un lente ó un microscopio, se ve que está formado por la reunion de muy pequeños cristales de los mismos tres elementos ya citados, ó bien de dos ó bien de solo uno de ellos; y segun sea la sustancia que predomina en este cemento, asi recibe el pórfido el nombre de *cuarzoso*, *feldespático*, *arcilloso*, &c.

En los pórfidos es muy frecuente la tecstura prismática. La masa porfídica tiene una tendencia á aislarse ó separarse en columnas prismáticas de mas ó menos lados, y estas columnas ó prismas se presentan algunas veces completamente decididas y pronunciadas. Otro carácter muy especial de las erupciones porfídicas es que, generalmente se presentan constituyendo lomas prolongadas de mas ó menos estension, en forma de caballete, ó lo que los franceses llaman *dos d' âne*.

*Las rocas basálticas* presentan ya un carácter mas decidido y mas marcado de erupcion, que no los granitos ni los pórfidos. Las erupciones basálticas asoman en puntos aislados, que constituyen otros tantos cráteres por donde ha subido la masa igneo-fluida, la cual algunas veces, se debió acumular de tal modo y con tanta violencia que, rebosó del crater y se estendió por la superficie del terreno, formando corrientes de un modo enteramente análogo á las que proceden de los volcanes que en la actualidad se hallan en plena actividad; por cuya razon, las erupciones basálticas suelen designarse con el nombre de volcanes apagados ó *pseudo-volcanes*, y los terrenos basálticos por consiguiente se llaman tambien *terrenos pseudo-volcánicos*. La Auvernia en Francia, y la Irlanda, son dos puntos clásicos para la observacion de estos fenómenos. En España tenemos erupciones basálticas en Cataluña, en las inmediaciones de Pozo blanco provincia de la Mancha, y en la costa de Granada.

El basalto es una masa compacta de un color obscuro negruzco, formada por la reunion de granos sumamente finos de augita, de feldespato y de hierrro magnético; pero ademas, en esta masa se hallan diseminados y como incrustados cristales de diferentes sustancias, entre las cuales, las que mas general-

Digitized by Google

mente predominan son la augita, el olivíno, el zircon, y el hierro magnético. En razon de la cantidad que contienen de este último mineral, los basaltos egercen por lo general una accion fuerte sobre la ahuja imantada.

Un carácter muy marcado de las masas basálticas es, su aislamiento en prismas ó sea su *tecstura columnaria*, mucho mas general y mas decidida que en los pórfidos, y cuya tecstura no solo la posee su masa, sino que muchas veces se la comunica en parte á las rocas con que tuvo contacto cuando ella corría fluida. Esta tecstura columnaria hace que las rocas basálticas se presenten muy románticamente en perspectiva, sobre todo cuando el terreno ha sido ya algo destruido por las influencias atmosféricas, ó por la accion de los rios ó de los mares. No parece que aquello sea obra de la naturaleza, sino trabajo de la industria del hombre; tal es por ejemplo la *gran calzada de los gigantes* en la costa septentrional de Irlanda, y la célebre *gruta de Fingal* en una de las islas Hébridas.

Bajo el nombre genérico de rocas basálticas deben comprenderse las que los geognostas designan con los nombres de *dolerita*, *trachita*, *phonolita* y otras semejantes, las cuales, si bien no tienen todos los caracteres que hemos designado para los basaltos, tienen sin embargo muchos de ellos, y son todas rocas eruptivas de una misma época geológica.

No nos detendremos en describir las *rocas lávicas* porque, como corresponden á la época actual, y que sus erupciones se estan repitiendo todos los dias en diferentes puntos del globo habitado, tanto los caracteres mineralógicos de las lavas, como los fenómenos que acompañan á sus erupciones, se hallan descritos y consignados en una porcion de obras científicas, y en otras de historia de viages y aun de pasatiempo. Asi es que nadie puede confundir una roca lávica ni las erupciones volcánicas, con ninguna otra clase de rocas, ni con ninguna otra clase de fenómenos geognósticos.

Digitized by Google

## *Rocas y terrenos de sedimento.*

El fenómeno de las lluvias es muy antiguo en la historia geognóstica de nuestro planeta: debió empezar á verificarse luego que la corteza del globo tuvo un espesor suficiente para impedir que, la alta temperatura de la masa interior se comunicase por igual á toda la atmósfera, cuyas capas superiores estaban entonces por consiguiente mucho mas frias que las inferiores. El agua evaporada subia á una altura en la cual se liquidaba, en razon á la temperatura baja que allí encontraba, y caía sobre la superficie para ser evaporada de nuevo.

Cayendo el agua sobre la superficie de la tierra corria á buscar los puntos mas bajos, arrastrando y llevando consigo no solo las sustancias en ella solubles, sino tambien los destrozos ocasionados en las rocas por efecto de los fenómenos consiguientes á las erupciones de las masas plutónicas. Cuando el agua volvia á ser evaporada, las sustancias que ella contenia en disolucion se iban depositando sucesivamente en el fondo segun el órden de sus gravedades específicas, y formando por consiguiente *capas* ó tongadas de tierra y de cantos mas ó menos gruesos. Volvia á caer el agua, y volvia á arrastrar consigo á los puntos bajos ó *cuencas* los destrozos de las rocas: volvia á evaporarse, y se volvian á formar nuevas capas de sedimento. Estos fenómenos son fáciles de comprender, porque los estamos viendo verificarse constantemente todos los dias.

Tambien se concibe fácilmente que, estos terrenos de *sedimento*, como compuestos de destrozos de las rocas que constituían la corteza esterior del globo, debieron variar esencialmente en cada una de las épocas geológicas que hemos marcado antes, puesto que en cada una de estas variaba la estructura y naturaleza de dicha corteza.

Ademas, los restos ó cadáveres de los seres pobladores de nuestro globo, tanto del reino animal como del vegetal, que



Digitized by Google

se hallasen acumulados al paso de las citadas corrientes de agua, serian igualmente arrastrados por ellas y depositados despues entre las capas de sedimento. Los peces que se criasen en aquellas aguas, perecerían indispensablemente cuando ellas se evaporaban. Pero los pobladores de la tierra no han sido siempre los mismos; sus castas, razas y familias han ido variando y modificándose sucesivamente segun las circunstancias y relaciones de la atmósfera, y de la corteza esterior del globo; luego en los restos de seres que encontremos sepultados, tendremos otro carácter para poder clasificar la época en que ha sido formado cada terreno de sedimento.

En cada una de las épocas de erupcion de la masa ígnea interior podria suceder, y sucedió muchas veces, que los terrenos de sedimento fueron trastornados y quebrantados, y sus capas enderezadas ó colocadas en una posicion inclinada. Las capas de los terrenos de sedimento que se formaron despues, se apoyarían horizontalmente contra aquellas, y aun cuando en otra erupcion posterior fuesen todas ellas trastornadas de nuevo, nunca sus capas se corrresponderán paralelamente, ó como dicen los geognostas, su estratificacion será *discordante*: y este es un tercer carácter para poder distinguir la edad relativa de los terrenos de sedimento.

A pesar de todos estos datos para clasificar las diferentes épocas y formaciones de sedimento, cuando queremos verificarlo se nos presentan las mismas dificultades que hemos indicado para las épocas geognósticas de las masas eruptivas, con las cuales se hallan íntimamente ligadas y dependientes. Aprender á conocer la relacion de cada época de sedimento no solo entre sí, sino tambien con las masas plutónicas correspondientes, y cual sea de estas la que ha ocasionado el trastorno de aquellas en cada localidad, es la parte sublime de la ciencia llamada geología.

Mientras no se resuelvan mas completamente estos problemas, nos debemos limitar á considerar cuatro épocas de formaciones de sedimento, que estarán en relacion con cada una de las cuatro épocas de erupcion dichas.

Digitized by Google

La primera época de sedimento comprende las formaciones de la *grauvaca* y de la *ulla*.

La segunda época, todos los terrenos llamados *secundarios*.

La tercera, los llamados *terciarios*, tanto de agua salada como de agua dulce.

La cuarta, los *aluviones*.

No entraremos en detalles para clasificar cada uno de estos terrenos de sedimento. Nos contentaremos con algunas observaciones generales para la mejor inteligencia del modo de presentarse los criaderos ó depósitos de minerales útiles.

Por la idea que hemos dado del orígen de los terrenos de sedimiento se vé desde luego que, las capas que los constituyen variarán esencialmente segun sea la clase de rocas de donde proceden.

En primer lugar, habrá capas formadas por la reunion de cantos gruesos; otras habrá formadas de cantos mas pequeños, y tambien habrá capas compuestas de cantos ó granos de un tamaño cuasi imperceptible.

Segundo. Estos cantos por lo general estarán redondeados, puesto que las aguas los han arrastrado á distancia, y por cuya razon se llaman *cantos rodados*; pero, si han sido depositados cerca de su orígen, entonces con servarán todas ó la mayor parte de sus esquinas, serán *cantos angulosos*.

Tercero. Estos cantos, tanto angulosos como rodados, pueden conservarse sueltos é independientes unos de otros, pero tambien pueden hallarse mas ó menos adheridos entre sí por medio de un *gluten ó cemento*, formando una capa sólida y continua.

Estas diferentes circunstancias en las rocas de sedimiento dan orígen á los nombres de *Pudinga*, *Arenisca*, *Grauvaca*, *Brecha*, &c. cuya nomenclatura, á mi parecer, necesita rectificarse.

Cuarto. No es solo el tamaño de los cantos ó granos, y su mucha ó poca adhesion lo que constituye la diferencia entre las capas de sedimento; estas varian tambien mineralógicamente: asi es que, se distinguen capas *calcareas*, capas *arcillosas*, capas *siliceosas*, capas de *carbon* &c. &c. segun que ellas estan formadas de cal, de arcilla, de silice &c.

Digitized by Google

### *Fenómenos que debieron verificarse en los terrenos de sedimento por efecto de las erupciones de la masa interior.*

Las rocas que constituyen la corteza primitiva del globo, cuando este se enfrió, debieron ir consolidándose en capas concéntricas partiendo de la superficie hácia el centro; de modo que, en las rocas de la corteza primitiva las capas inferiores son las mas modernas, ó mejor dicho, se han formado posteriormente á las superiores. Estas capas se hallarán por lo general en posicion horizontal; pero si al tiempo del enfriamiento, el líquido igneo-pastoso obedecia á las atracciones lunares, como sucede hoy á los mares, no será estraño el encontrar capas de la corteza primitiva afectando una forma ondulosa, aun cuando conserven su posicion primera.

En los terrenos de sedimento por el contrario, las capas superiores serán siempre las mas modernas, y el *yacimiento* ó posicion natural de todas ellas será horizontal puesto que, para su formacion era indispensable que el líquido de donde procedian estuviese en reposo. Pero en cualquiera de las erupciones de la masa interior, verificadas posteriormente á una formacion de sedimento, pudo suceder que, las masas eruptivas llevasen consigo trozos de dicho terreno, bien *sublevándolos* en la misma posicion horizontal, como se representa en C, Fig. 1.ª ó bien haciéndolas tomar una posicion inclinada como en Fig. 2.ª.

A estas erupciones y sublevaciones debian corresponder vacíos y hoquedades en otros puntos, sobre todo cuando la masa eruptiva se enfrió, y estas hoquedades ser causa de que se verificasen hundimientos como los representados en las Fig. 3.ª y 4.ª, resultando lo que llamamos un *valle de hundimiento*: así como la parte de Fig. 2.ª se llama *valle de sublevacion*.

Los valles formados posteriormente por la accion continua, y mas ó menos intensa de las aguas llovedizas y demas agentes atmosféricos, reciben el nombre de *valles de denudacion*.

Digitized by Google

Las capas, tanto de la corteza primitiva como de las rocas de sedimento, se presentan en algunos puntos tan plegadas y replegadas, como si hubieran tenido que ceder á la accion de muchas fuerzas obrando en distintas direcciones. Este fenómeno se halla muy marcado en las capas areniscas de la formacion de Almaden y Almadenejos, y cuasi me atreveria á indicarlo como anuncio muy probable de la ecsistencia de cinabrio en profundidad. Pero otras veces estos pliegues son mas sencillos y mas en grande; es una capa que varía una ó dos veces de inclinacion, formando ángulos mas ó menos agudos. Este fenómeno se presenta muy frecuentemente en los criaderos de ulla, y suelen ser causa de error en la direccion de los trabajos.

Otro de los fenómenos mas interesantes para nosotros los mineros, es el *agrietamiento* de la corteza del globo, fenómeno que se hizo muy sensible en la segunda época geológica, esto es, cuando la aparicion de las rocas porfídicas. La alta temperatura de estas rocas eruptivas debia precisamente producir una gran sequedad y concentracion en las de sedimento á ellas inmediatas, resultando grietas, las cuales, si bien algunas veces se formarian siguiendo direcciones regulares, simétricas y aun paralelas, en la mayor parte de los casos sin embargo, habrán tomado formas y direcciones irregulares, y digámoslo asi caprichosas.

Estas grietas pueden posteriormente, y aun entonces mismo, haber sido cegadas ó rellenadas de tres modos diferentes: 1.º por medio de *sublimaciones* ó evaporaciones venidas de lo interior. 2.º Por medio de *infiltraciones* que, saliendo á los lábios de la fractura se evaporaban, y depositaban en ella cristalizaciones de las sustancias minerales contenidas en la disolucion. 3.º Las grietas pueden haberse rellenado por la parte superior con los escombros ó destrozos de la superficie, que eran arrastrados por las aguas procedentes de los terrenos inmediatos y mas elevados que la boca de la grieta.

Tambien pudo verificarse y se ha verificado muchas veces que, una grieta ha sido rellenada por dos, y aun por los tres

Digitized by Google

medios dichos, es decir, la parte superior con destrozos de la superficie, la parte intermedia por medio de infiltraciones, y la parte inferior con sublimaciones. El no haber tenido esto presente fue causa de que el célebre Werner estableciese una teoría tan poco admisible sobre el origen de los filones. (1)

No todas las grietas que se abrieron cuando las erupciones ígneas, han sido despues rellenadas. Muchas de ellas se conservan todavía abiertas ó huecas digámoslo así. Este fenómeno se presenta, y con mucha ventaja para nosotros, en el criadero de la Sierra de Gador. Las grietas, que allí llaman *soplados*, proporcionan un desagüe y ventilacion naturales, sin cuya circunstancia seguramente nuestros plomos nunca hubieran podido dar la ley al mundo mercantil.

Las famosas cavernas que, algunas de ellas, han proporcionado materia á los viageros para llenar sus cuadernos con descripciones pomposas, no son otra cosa que grietas sin rellenar, y abiertas en terrenos de una edad geológica no muy antigua. Pero estas cavernas no presentan ningun interes al minero, porque en ellas no encuentra nada de que pueda sacar utilidad.

## DE LOS CRIADEROS Ó DEPÓSITOS DE MINERALES.

Los principios geológicos que hemos espuesto, me parecen los suficientes para poder comprender el modo como nos presenta la naturaleza los diferentes depósitos ó criaderos de minerales que pueden ser objeto de nuetras especulaciones.

Segun el modo de presentarse, ó sea su yacimiento los criaderos se clasifican en,

Criaderos en Filones.
——— Betas.
——— Arbol.

(1) Neue Theorie von der Entstehung der Gaenge. Freiberg. 1791.

———— Venas.
———— Ahujas.
———— Masa y Stockwerk.
———— Capas.
———— Bolsas.
———— Nidos.
———— Riñones ó Géodas.

Nos ocuparemos sucesivamente de cada una de estas clases de criaderos; pero antes de todo es preciso dar á conocer la significacion de algunos términos técnicos, y esto lo haremos siempre á medida que vayamos teniendo necesidad de usarlos.

*Caja del criadero*, se llama á la roca ó rocas que constituyen el terreno en que se halla incrustado, digámoslo asi, ó encerrado el criadero, sea de la clase que quiera. La caja del criadero es por consiguiente, siempre de distinta naturaleza que la roca ó mineral que tratamos de beneficiar.

La sustancia encerrada en la caja, se llama la *masa del criadero*.

Cuando con las escavaciones que constituyen una mina se ha llegado á la masa del criadero, se dice que *la mina está en frutos*. Y cuando hemos arrancado toda la masa del criadero que habiamos determinado beneficiar, se dice que, la mina *está agotada ó está ya cultivada*.

La masa del criadero no está siempre toda ella compuesta de minerales útiles y que tengan un valor en el comercio, en este caso á la parte útil ó vendible se llama *mena*, y lo restante constituye la *ganga ó matriz*.

La mena es lo que verdaderamente constituye los frutos de un criadero. Los escombros que resultan tanto de la ganga como de la caja del criadero, es lo que se llama *zafra*.

*Baciscos* son los cantos ó destrozos de la ganga que contienen algo de mineral útil, pero no en cantidad suficiente para constituir por sí solos el objeto de una especulacion.

Dentro de los subterráneos se dice tambien en general *roca estéril*, á toda roca que no contiene minerales útiles.

Digitized by Google

## *Criaderos en Filones.*

Tanto los criaderos en filones como los en betas y en árbol, no son otra cosa que grietas rellenadas; pero para que reciban el nombre de filones es preciso que, la grieta sea de una estension bastante considerable, y de dimensiones constantes y uniformes en toda esta estension. El filon viene á formar como una especie de tabla grande, ó una muralla de cierto espesor, encerrada en el terreno ó rocas que le sirven de caja.

Para determinar ó marcar la posicion que tiene un filon es preciso considerar dos cosas, su *direccion* y su *inclinacion*.

Para hacerse cargo de lo que es la direccion hay que imaginar un plano horizontal que corte al filon en una profundidad cualquiera. La línea horizontal que resulta de la interseccion de este plano horizontal con una de las caras ó superficies del filon, es la que marca ó indica su direccion: y para averiguar cual es la posicion de esta línea con respecto á los cuatro puntos cardinales, hay que valerse de la brújula; asi es que se dice: la direccion de tal filon es de N. á S.: tal filon se dirige de E á O, ó de N E á S O. &c. segun resulte ser la posicion de la referida línea.

Si las caras del filon presentan una superficie bien plana y continua, en ese caso será bien sencillo el poder tomar su direccion porque, la línea que marca esta direccion será desde luego una recta; pero en el caso contrario será una curba, es decir que, la direccion del filon será variable, y si se quiere marcar una direccion general, habrá que tomar un término medio de todas las sinuosidades que haga la curba.

Los filones se presentan bajo toda clase de direcciones: tambien afectan toda especie de inclinaciones, aunque por lo general su posicion se aproxima á la vertical ó es muy inclinada. En geognosia y en minería se toma por punto de partida la posicion horizontal, y asi se dice que, una línea ó un plano

Digitized by Google

que yacen horizontalmente, su inclinacion es cero; asi como cuando son verticales, su inclinacion es la mayor posible ó de 90 grados.

Para hacerse bien cargo del modo de medir la inclinacion de un filon hay que imaginarse, ademas del plano horizontal que hemos dicho antes, un plano vertical, perpendicular á la linea de direccion, el cual cortará al horizontal y al filon; y estas dos intersecciones formarán un ángulo, que es la medida de la inclinacion. Pero, para una direccion determinada, no basta decir que el filon inclina de tantos grados, porque puede inclinar ó *buzar* á cualquiera de los dos lados de la línea de direccion, y formar el mismo ángulo ó tener el mismo *buzamiento* en ambos. Asì es que se dice, por ejemplo, *tal filon, su direccion es de N. á S, con una inclinacion ó buzamiento de 65.° hácia el E.*

Este es el modo que se usa generalmente en minería para indicar la posicion que tiene un filon, pero en realidad hay datos y palabras de mas, y bastaria con solo la segunda parte. La razon es porque, segun resulta de la construccion dicha, el plano por donde se dirige el buzamiento es siempre perpendicular á la direccion. Diciendo que un filon inclina de 65.° hácia el E, ya se sabe que su direccion no puede ser otra que de N. á S, que son 90.° mas.

Los filones se presentan por lo comun cortando bajo un cierto ángulo la estratificacion general del terreno, como manifiesta la Fig. 5.ª Pero tambien otras veces, las rocas que constituyen la masa del filon se han insinuado por entre dos capas ó estratos de la caja, bien sea porque estas capas se hubiesen separado y formado una grieta, ó bien porque su poca adhesion permitiese la inyeccion de la materia fluida procedente del interior. En este caso, que está representado en Fig. 6.ª, se le dá el nombre de *capa-filon*.

Tambien ha podido suceder alguna vez que, la materia fluida se haya insinuado por el hueco resultante entre una masa eruptiva y las rocas estratificadas que esta sublevó. En la Fig. 7.ª, la parte A representa la masa eruptiva: B es la roca



Digitized by Google

estratificada sublevada, la parte *mn* es lo que se llama un *filon de contacto*.

### *Fenómenos mas notables que se observan en los filones.*

Las rocas ó el terreno en que se halla encerrado un filon, se llama segun hemos dicho, su caja.

Rara vez se presenta un filon perfectamente vertical, ni tampoco perfectamente horizontal: siempre tiene una inclinacion mas ó menos fuerte. La parte de la caja del filon que se halla debajo de él, se llama el *yacente*; la parte superior, el *pendiente*.

Las dos superficies ó caras que presenta la caja del filon, cuyas dos superficies constituían la grieta antes de ser rellenada, reciben el nombre de *astiales*, cuyo nombre suele darse tambien en general á las dos paredes laterales de una escavacion; pero de ningun modo debe confundirse el astial con la *salbanda*.

En el contacto de la masa del filon con ambos astiales, tanto en el yacente como en el pendiente, suele haberse formado una ligera capa de una sustancia diferente de las dos con quienes se halla en contacto. Esta capa es lo que se llama la *salbanda* y puede proceder, ó bien por la influencia de la alta temperatura de la masa fluida sobre los astiales cuando se formó el filon, ó bien á consecuencia de la descomposicion originada por infiltraciones posteriores. Pero no es preciso de ningun modo como creen algunos, el que las salbandas hayan de ser siempre de una tierra arcillosa.

Otra de las cosas que se consideran en un filon es su *potencia* ó *grueso*, que se mide por una línea tirada desde el un astial al otro, y perpendicular á ambas superficies.

La potencia de un filon no es esactamente siempre la misma. Cuando ella disminuye de pronto y solo en un cierto trecho, se dice una *angostura*; y si por el contrario, la potencia aumenta repentinamente para volver á disminuir despues, entonçes tenemos un *anchuron* ó *ensanche*.

Digitized by Google

Un trozo de roca estéril de la misma clase que la de la caja, y que se halla interpuesta en la masa del filon, es lo que llamamos una *cuña*.

Un filon suele dividirse y subdividirse en otros varios, lo cual puede producir dudas y cuestiones entre los empresarios que hayan establecido labores sobre ellos. Para facilitar algun tanto la resolucion de estas cuestiones, hay que tener presente lo siguiente.

De un filon ya conocido pueden salir ramales ó ramificaciones que no alteren en nada la marcha de aquel, y que por esta razon se llama *filon principal*, á diferencia de los otros que son los *subalternos*. Para que reciba el nombre de filon principal, es preciso que conserve, sobre poco mas ó menos, la direccion, inclinacion y potencia que traía hasta allí, y que su masa siga siendo compuesta de la misma clase de minerales. Los filones subalternos son siempre de menor potencia y su masa, hasta cierto punto, de distinta naturaleza que la del principal. Algunas veces un filon se ramifica ó se *bifurca* en dos ramales, los cuales, aun cuando no tengan precisamente la misma potencia, sin embargo, la naturaleza de su masa es idénticamente la misma, y en cuanto á la direccion é inclinacion, no es fácil decidir cuáles sean las correspondientes al principal. En un *bifurcamiento* de esta especie, se puede casi asegurar de antemano que, los dos ramales volverán á reunirse.

Cuando la masa de un filon contiene minerales, sean ó no metálicos, cuyo beneficio puede reportar utilidades á la empresa que los estraiga á la superficie, entonces se dice que el filon es *rico*. Si el beneficio de dichos minerales deja poca ó ninguna utilidad á la empresa, entonces el filon es *pobre*, y si el filon no contiene sustancias de un cierto valor en el comercio, entonces es *estéril*. Estas denominaciones son enteramente independientes de la clase de minerales que se encuentran en la masa del filon, así por ejemplo; junto al pueblo de Schriesheim en la cordillera del Odenwalde en Alemania, he visto en actividad de labores un filon de barita sulfatada

cuyas labores, á pesar de estar dirigidas con muy poca inteligencia, dieron sin embargo mucha utilidad al empresario, hasta el punto de restablecer su fortuna que habia perdido en otras especulaciones. La barita la enviaba á Holanda, en donde se la compraban para la confeccion de albayalde, y aquel filon era por consiguiente un filon rico. Por el contrario, en la mina de Rathhausberg, en los Alpes del Salzburgo, se benefician unos filones de cuarzo aurífero, por cuenta del gobierno austriaco; pero sus rendimientos son tan cortos, que aquellos filones se pueden considerar no solo como pobres, sino cuasi como estériles. Hay sin embargo en este caso la circunstancia de que, se puede conservar esperanza de que el filon *ennoblezca* ó aumente de riqueza, como sucede algunas veces.

Una reunion de filones que se presentan bajo unas mismas circunstancias, es decir que, sus direciones son sobre poco mas ó menos paralelas, y que sus masas estan formadas por la misma clase de minerales, es lo que se llama un *sistema* de *filones*.

### *Fallas y saltos ó dislocamientos.*

En una porcion de la corteza del globo en que ya hubiese un filon ó un sistema de filones, pudo muy bien suceder que, en una época posterior se desquebrajase y agrietase de nuevo, dando lugar á *resbalamientos*, sea por hundimientos ó por sublevaciones de grandes masas de terreno, sin que se separasen ni alterasen de un modo sensible las dos superficies ó labios de la grieta. Pero con esta nueva grieta pudieron ser cortados uno ó mas filones de los ya existentes, resultando en ellos una discontinuacion; esto es, quedando el filon cortado en dos partes que, si bien ambas pueden conservar la misma direccion é inclinacion ó mejor dicho, que sus direcciones é inclinaciones se hayan conservado paralelas, lo que es los labios de la fractura del filon habrán quedado separados mas ó menos, constituyendo lo que llamamos un *salto ó dislocamiento*.

Digitized by Google

La grieta que da origen al salto recibe el nombre de *Falla*.

Este fenómeno del salto ó dislocamiento merece estudiarse con la mayor detencion: el no comprenderlo bien puede dar lugar á gastos considerables cuando se trata de buscar la continuacion del filon, y aun tener tal vez que abandonar las labores por no poder volver á tropezar con el criadero. Por esta razon nos detendremos un poco en su esplicacion, aunque con el recelo de no ser entendido de todos, porque para ello se necesita tener algunas ideas de *geometría descriptiva* ó *geometría en el espacio*. Al que carezca de estos conocimientos, le aconsejamos haga un modelo de yeso ó de madera, en el cual se traze ó represente el problema, y entonces comprenderá lo que vamos á decir. El mismo Werner no se hizo bien cargo de este fenómeno.

El problema es. *Si con las escavaciones de beneficio llegamos á tropezar en una falla que corte al filon, ¿á dónde hemos de ir á buscar su continuacion?*

Para mejor inteligencia representemos gráficamente el caso por medio de las Fig. 8. A, y 8. B, la primera representa un corte vertical del terreno, y la segunda un corte horizontal del mismo.

Supongamos que *ab* representa el plano de la falla, la cual se presenta en una posicion inclinada. Antes de formarse la falla las capas del terreno, que en las figuras estan marcadas con puntuaciones semejantes, se corresponderian respectivamente en continuídad; pero despues, suponemos que todo el pendiente *pPca* ha resbalado sobre la superficie de dicha falla, hasta llegar á la posicion indicada en la figura. La parte del filon encerrada ó encajonada en este pendiente, se hallaría en un principio á continuacion de *fe*, pero ahora estará en la posicion *dq*.

La parte del terreno comprendido en *pPa* será el pendiente de la falla, y la parte *bYa* será el yacente de la falla, y, lo que es para nuestro objeto, lo mismo da decir que, el pendiente ha resbalado hácia abajo que, el yacente ha sido sublevado: el resultado es el mismo. Pero no hay que confun-

Digitized by Google

dir el yacente y pendiente de la falla, con el yacente y pendiente del filon. El yacente del filon lo constituyen los trozos de terreno marcados *dayc*, *ayfe*; y el pendiente del filon será *dPc* y *efp'b*, que se hallarían respectivamente en continuidad antes del dislocamiento.

Ahora bien, si venimos con nuestras escavaciones de beneficio siguiendo el filon desde *c* hácia *d*, y en este punto tropezamos con la falla y perdemos el filon ¿dónde iremos á buscarlo? Claro es que lo encontraremos, ó bien subiendo por la falla segun un plano vertical, ó bien tirándonos á la izquierda en el plano horizontal; es decir que, para volver á encontrar el filon, tendremos que atravesar la falla por el pendiente de la parte ya conocida del filon. Pero si con nuestras labores veniamos beneficiando desde *f* hácia *e*, entonces por el contrario, tendriamos que ir á buscar la continuacion del filon, del otro lado de la falla, por el yacente de la parte del filon que veniamos siguiendo.

Werner, suponiendo que todo dislocamiento procedia siempre de haberse hundido el pendiente de la falla, sentaba la siguiente proposicion, que fue admitida sin mucha reflecsion por todos los mineros teóricos y prácticos. « Cuando se tropieza con una falla, y que esta buza ó se mete debajo de los pies (es decir, nuestro primer caso) entonces hay que buscar la continuacion del filon del otro lado de la falla hácia ariba: pero si la falla buza hácia adelante ó *huye*, entonces hay que buscarlo hácia abajo. »

Esta proposicion es enteramente esacta cuando el pendiente de la falla es el que se ha hundido; pero puede muy bien suceder que no sea el pendiente sino el yacente el que haya resbalado hácia abajo, ó lo que es lo mismo, que el pendiente haya sido sublevado como lo representan las Fig. 9. A, y 9. B, en cuyo caso, como es facil convencerse, para encontrar la continuacion del filon habrá que seguir unos principios enteramente opuestos á los dichos, esto es; si la falla se mete debajo de los pies, buscar el filon hácia abajo; y si la falla huye, buscarlo por la parte superior.

Digitized by Google

Con que en resumen y de un modo general diremos que, cuando con nuestras escavaciones tropezemos con un dislocamiento, lo primero que hay que averiguar es, si ha sido el pendiente el que se ha hundido ó ha sido el yacente: en el primer caso, *si venimos labrando por el pendiente de la falla, habrá que buscar el filon por la parte de su pendiente*; *pero si se viene labrando por el yacente de la falla, habrá que buscar la continuacion por el yacente del mismo filon.* En el segundo caso: *si venimos labrando por el pendiente de la falla, la continuacion del filon se buscará por el yacente de la parte conocida del filon, y si vamos labrando por el yacente de la falla, la investigacion se hará por el pendiente del filon.*

De lo dicho se infiere que, para resolver el problema del dislocamiento de un filon, toda la dificultad estriva en saber cómo se ha verificado el resbalamiento, cosa muy dificil de averiguar algunas veces. Sin embargo, los conocimientos prácticos de la geognosia servirán de muchísimo ausilio, y cuando no haya otro remedio, se hará una escavacion de reconocimiento á lo largo de la falla, hasta poner en claro la relacion de las capas correspondientes á uno y otro lado de ella.

### *Cruzamientos.*

En lo que hemos dicho sobre las fallas hemos supuesto que, las dos superficies de la nueva grieta no se hayan separado, y solo sí resbalado una sobre otra. Pero tambien pudo suceder que se separasen dichas dos superficies, y que el espacio comprendido fuese rellenado de cualquiera de los tres modos referidos anteriormente. Entonces resultará un filon, ó un sistema de filones de una época mas moderna, y que se cruzarán con los que ya hubiese ecsistentes en aquel terreno. Cuando se verifica este fenómeno, á los filones mas antiguos se llaman *atravesados*, y á los mas modernos *atravesantes* ó *padastrales.*

Digitized by Google

Los filones atravesantes pueden cruzar simplemente á los atravesados, ó bien causar en ellos un dislocamiento, el cual se estudiará siempre bajo los mismos principios que acabamos de establecer.

Tanto el filon atravesado como el atravesante pueden ser ricos, pobres ó estériles. Pueden ser ambos de una misma clase, ó puede ser el uno de una clase y el otro de otra. De aquí una diversidad de fenómenos que se pueden presentar en el cruzamiento, ó en el dislocamiento si lo hay: diremos solo los mas notables.

Cuando un filon rico está atravesado por un estéril, se empobrece aquel, y se ennoblece este en el cruzamiento.

Cuando se atraviesen dos filones que no sean estériles, habrá siempre ennoblecimiento en el cruzamiento.

Cuando un filon estéril atraviesa y disloca á uno rico, el intermedio del salto, y particularmente las salbandas del estéril en este intermedio, se ennoblecen; lo cual bien observado, sirve de guia para volver á encontrar el filon rico.

*Riqueza de los filones metalíferos.*

---

Una de las cosas mas interesantes para el mejor órden y direccion de los trabajos de una empresa minera, seria el saber á qué profundidad se halla la mayor riqueza de un filon: pero hasta ahora la ciencia no nos suministra datos suficientes para poderlo preveer de antemano. Lo único que sabemos es que, todo filon, particularmente si es metalífero, varía mucho de riqueza, llegando á tener una que es la mácsima á cierta profundidad, y pasada la cual va volviendo aquella á disminuir. Sin embargo, si en un distrito minero tenemos un sistema de filones que hayan sido formados en una misma época geológica, las circunstancias y modificaciones que hayamos observado en uno de ellos, pueden servirnos de regla para esperar que se nos presenten en todos los demas; es decir que, si hemos

Digitized by Google

labrado uno de dichos filones, y hemos visto que su mayor riqueza se halla v. gr. á la profundidad de 200 varas, podemos cuasi asegurar que lo mismo se verificará en todos los demas filones del sistema.

En el distrito minero de Freiberg en Sajonia, la mayor profundidad á que se ha llegado con las labores es unos 2000 pies, y en todas las minas parece que antes de esta profundidad se ha pasado ya el término de la mácsima riqueza. Sin embargo, para cerciorarse de ello, el consejo directivo de minas decretó en 1832 que, en cuatro de las mas productivas del distrito se continuase una escavacion en profundidad todo lo posible, hasta estinguir. No sé cuál es en el dia el estado de estas investigaciones, pero no pueden menos de ser muy útiles para el estudio del arte de la minería.

*Ejemplos de lo dicho sobre criaderos en filones.*

1.°

En el distrito de Freiberg hay conocidos mas de 100 filones que constituyen cuatro sistemas, los cuales están ligados ó en dependencia con otras cuatro erupciones porfídicas. Las relaciones geognósticas de todos aquellos fenómenos han sido objeto del estudio de los mejores ingenieros de minas del pais; uno de ellos, el jóven Herr. v. Beust, ha publicado en 1835 una memoria que me han dicho ser muy interesante, y escrita con muy buen discernimiento. No he podido procurármela todavía.

El terreno en que se hallan todos aquellos filones y todos aquellos pórfidos, corresponde á una superficie que tiene poco mas de dos leguas españolas en cuadro.

Desde luego se deja inferir que, en una aglomeracion tan grande de filones, y de filones que no se han formado simultáneamente, habrán resultado cruzamientos, dislocaciones, bi-



Digitized by Google

furcamientos, resbalamientos y todos cuantos fenómenos son consiguientes á la combinacion de varios sistemas de filones.

La potencia de ellos es por lo general de poca consideracion; nunca pasa de una toesa ó sean siete pies.

La ganga ó matriz de aquellos filones varía entre el cuarzo, el feldespato y el espato calizo; rara vez se presenta la barita en los filones ricos. El mineral útil que mas abundantemente se presenta en estos, es la galena argentífera que pocas veces pasa de 4 onzas de ley de plata. Tambien se encuentra ademas en algunos filones plata roja, plata vítrea y otras combinaciones de la plata, y aun algo de plata nativa. Pero lo que mas abunda son las piritas de hierro y de cobre, y la maldita blenda que tanto perjudica para las fundiciones. En el distrito de Freiberg no se encuentra nada de cobalto; este precioso metal que tantas utilidades ha dado á los sajones, parece esclusivo de los distritos llamados de las *montañas altas*.

La caja de todos los filones de Freiberg es el gneis, y alguna otra roca de la corteza primitiva.

2.°

Los criaderos de Clausthal en el Harz hannoveriano, tambien son en filones; no en tanto número, pero mucho mas poderosos que los de Freiberg, pues los hay hasta de 18 *lachter* ó toesas de potencia en algunos puntos. Su direccion viene á ser de S. E. á N. O., y con una fuerte inclinacion hácia el S. O.

El terreno en que se hallan encajonados aquellos filones corresponde á la formacion de la grauvaca, alternando en capas de arenisca, de pizarra arcillosa y de grauvaca propiamente dicha.

En la matriz ó ganga abunda el sulfato de barita, cuyo mineral incomoda mucho en la fundicion, y por consiguiente hay que separarlo con el mayor esmero antes de introducir la mena en el horno. Esta separacion ha dado lugar á estudiar y perfeccionar la preparacion mecánica de los minerales, que ha recibido allí un grado de perfeccion y de economía, como en ningun otro distrito minero.

Digitized by Google

Por lo que hace á los minerales metalíferos, objeto del beneficio, son sobre poco mas ó menos los mismos que los de los filones de Freiberg, con la diferencia sin embargo, de que la galena por lo general no es tan argentífera. El principal rendimiento de las minas de Clausthal consiste en el plomo obtenido de sus galenas, asi es que, aquel establecimiento es el que mas se ha resentido de nuestros progresos en la sierra de Gador.

3.º

Otro criadero á mi parecer muy análogo y semejante al de Clausthal en el Harz, lo tenemos nosotros en Sierra-Morena, desde Santa Cruz de Mudela hasta la Carolina. Aquel terreno corresponde igualmente á la formacion de la grauvaca, solo que, todas las capas, inclusas las calcáreas, son de un color negruzco muy oscuro, debido á la gran cantidad de carbono que contienen.

Los filones de Santa Cruz se hallan apenas reconocidos, y ninguno de ellos en labor. Los habitantes de aquella comarca han hecho muchas calicatas que han tenido que abandonar al momento, pues los que las emprendieron eran gente pobre. Solo nuestro amigo, y sábio é infatigable industrial don Rafael de Rodas, ha avanzado algo con sus escavaciones en el sitio llamado *Las minillas*, junto al pueblo de Santa Cruz, habiendo llegado á 60 varas de profundidad; pero desgraciadamente, la falta de fundidores en el pais, la falta de combustible y sobre todo la guerra civil, han obligado al señor de Rodas á suspender por ahora sus interesantes investigaciones. Con las referidas escavaciones, actualmente anegadas, ha quedado á descubierto un testero de mineral de 45 varas de altura, con una potencia ó grueso de mas de 2 varas. La ganga es calcárea y cuarzosa. Los minerales metalíferos son galena, pirita de hierro y de cobre, y blenda: la galena es poco argentífera, pero los minerales cobrizos son algo auríferos.

La direccion de aquellos filones viene á ser la misma que

Digitized by Google

los de Clausthal, y muchos de ellos asoman á la superficie con crestones de cuarzo.

4.°

Inmediato á este criadero de Santa Cruz se halla el célebre, rico, y muy conocido de Linares, del cual se han sacado y se estan sacando tantos productos en plomo y cobre. Se reduce á un sistema de filones que corren de E. á O. encajonados en el granito.

Los filones de Linares están muy poco ó nada estudiados geognósticamente; sin embargo, por los pocos dibujos que de ellos tenemos en nuestra escuela de minas, se conoce que los dichos filones estan todos dislocados por un padrastral ó filon estéril, resultando un salto que va siendo mayor en los filones que se hallan mas al Norte. El estudio de este fenómeno seria del mayor interés, no solo para el progreso de la ciencia, sino para la justicia y equidad en el derecho de las pertenencias y concesiones.

5.°

En los Alpes del Salzburgo junto á la frontera de Carinthia, se halla el departamento minero de *Kolmsaigurn*, cuyas principales labores consisten en la mina de *Hohegoldberg*, abierta en un criadero en filones de cuarzo aurífero, que no reportan la mayor utilidad.

Los filones ricos son once, que corren paralelamente de S. O. á N. E., y con una inclinacion muy fuerte, cuasi verticales. Estos filones ricos son atravesados por otro sistema de filones estériles, que los cortan cuasi en ángulo recto. La caja de aquel criadero es el gneis.

Lo mas notable de la mina de *Hohegoldberg* es la altura á que se halla: la entrada, ó boca del socabon llamado de San Cristoval, está 3838 pies franceses mas alto que el fondo del valle ó cañada cuya escarpa forma aquella montaña, y está 8790 pies sobre el nivel del mar; pero allí inmediato, ya en terreno de Carinthia, se vé la mina de *Goldzeche* cuya entrada

está 9960 pies fr. sobre el nivel del mar; por consiguiente se halla ya en la region de las nieves perpetuas. Es la mina que se trabaja á mayor altura en Europa: es el límite de la intrepidez y de la codicia humana.

6.°

Por último, como cosa notable de criaderos en filones, citarémos el de *Veta grande* en la provincia de Zacatecas en Nueva-España.

Este filon de Veta grande corre de E. á O., y se halla cortado, en la parte de *Mina gallega*, por el filon ó veta de San Diego que corre de N. O. á S. E. Luego que los ingenieros alemanes tomaron la direccion de aquellas labores, lo primero que trataron, como estaba en el órden, fue buscar la continuacion de Veta-grande del otro lado de la de S. Diego; pero imbuidos en la teoría werneriana que hemos enunciado antes, buscaban la continuacion del filon por la parte del S. é hicieron en esta direccion un reconocimiento infructuoso de 75 varas de longitud, el cual hubiera continuado todavía, á no ser por la circunstancia siguiente. Por aquel mismo tiempo rehabilitaron las labores abandonadas de la *Cata de Juanes*, que se halla del otro lado del filon de San Diego y 287 varas al norte de la cortadura de Veta-grande. Luego que dichas labores pusieron en claro aquella parte del criadero, reconocieron no ser otra cosa que un filon con la misma direccion, la misma inclinacion, la misma potencia y la misma clase de minerales que la parte ya conocida de Veta-grande, de la cual es efectivamente la continuacion que se buscaba; resultando por consiguiente un salto de 287 varas de longitud en horizontal, y ocasionado por el hundimiento del yacente, ó bien levantamiento del pendiente. Es el salto mayor de los que yo tengo conocimiento.

La descripcion de este fenómeno se halla en una memoria muy interesante escrita por el ingeniero aleman Buckart, é inserta en *Karsten-Archiv*. 6 *Band. Berlin* 1833.

Digitized by Google

## *Criaderos en vetas.*

Hasta ahora en minería se ha confundido la voz de *vetas* con la de filones; ó por mejor decir, en castellano se ha aplicado la denominacion general de *criaderos en vetas* á todos los que estan constituidos por grietas rellenadas; y del frances se ha tomado la voz filon bajo la misma acepcion; pero yo creo que debe hacerse una distincion.

Para que un criadero ó depósito de minerales reciba el nombre de filon, segun hemos manifestado anteriormente, debe presentar una longitud y profundidad considerables, siendo su espesor ó potencia muy pequeña respecto á dichas dos dimensiones, á modo de una tabla. Estas tres dimensiones deben conservar una cierta regularidad en toda la estension del criadero, esto es, que la direccion, inclinacion y potencia deben ser siempre, sobre poco mas ó menos las mismas.

En una veta por el contrario, no se exige tanta regularidad ni constancia en sus dimensiones, de modo que su estension en longitud ó direccion, puede no ser muy considerable, ni siempre la misma; su potencia puede variar, aumentando por lo general con la profundidad, y por último la inclinacion tampoco es constante. Todas estas circunstancias las reunen los criaderos del distrito de Almaden y de su dependiente Almadenejos, y me parece que es el mejor ejemplo que puedo presentar á los mineros y curiosos que conozcan aquellos establecimientos, prescindiendo de ocuparnos del primero mas adelante.

En los criaderos en vetas debieron preecsistir ciertas grietas ú hoquedades que fueron rellenadas; pero desde ellas pudo inyectarse ó infiltrarse el mineral por las capas respectivamente permeables de la caja del criadero, y á mas ó menos distancia del foco principal de accion.

Por lo demas, en una veta se considera su direccion, inclinacion y potencia; el yacente, el pendiente, las salbandas

Digitized by Google

&c., lo mismo que en un filon. Pero en las vetas, como que comprenden una corta estension, rara vez encontraremos fallas, resbalamientos ni dislocamientos, aunque sí muchas ramificaciones.

### *Criaderos en árbol.*

Por la idea que acabamos de dar de un criadero en vetas, se ve desde luego que no será muy comun el encontrar una veta sola y aislada; por lo general son varias inmediatas unas á otras, con muchas ramificaciones en la parte superior, pero todas ellas van á reunirse á un *tronco* ó centro comun á mas ó menos profundidad, que es lo que ha dado lugar á decir *criadero en árbol*, denominacion vulgar usada entre los mineros españoles y americanos, pero que me ha parecido poderse adoptar como técnica, porque esplica completamente el fenómeno de esta clase de yacimientos.

Yo creo que el criadero de Almaden actualmente en labor, y del que tanta riqueza se está estrayendo, es un criadero en árbol. Las tres poderosas vetas de San Diego, San Francisco y San Nicolás, deben probablemente concluir por reunirse en profundidad. La estension que comprenden las tres vetas y sus ramificaciones, no llega á 200 varas de E. á O. y unas 60 de N. á S.; pero en la profundidad de 309 varas á que llegan en el dia las labores, la potencia es en algunos puntos hasta de 13 varas, todo de un hermoso y rico cinabrio.

### *Venas y ahujas.*

Se llaman *venas de mineral* á una especie de vetas muy pequeñas, y que se presentan en un criadero en diferentes direcciones. Las *ahujas* son todavía mucho mas pequeñas que las vetas; su nombre mismo da idea de lo que son.

Las venas y las ahujas no caracterizan por sí solas la clase

Digitized by Google

de un criadero, porque ellas no se encuentran diseminadas indistintamente en la roca general del terreno, sino incrustadas en la ganga de un criadero como los ya descritos, ó bien en la de algun criadero en masa, de que hablaremos despues. Para presentar un egemplo, diremos: La montaña de Rathhausberg junto á Boeckstein en los Alpes del Salzburgo, está toda ella formada de gneis, y sirve de caja, entre otros, á un gran filon, cuya masa está compuesta de destrozos del mismo gneis muy unidos y trabados entre sí, y con sus dos salbandas bien marcadas de tierra arcillosa. En la masa del filon se encuentran diseminadas algunas *venas* de cuarzo aurífero que hacen el objeto de aquellas labores, y cuyo grueso varía desde una pulgada hasta un pie. Estas venas, aunque esparcidas con irregularidad por toda la masa del filon, suelen encontrarse con mas abundancia junto á la salbanda del pendiente; y, cuando el cuarzo de que están compuestas tiene un color oscuro, debido al antimonio que lo tiñe, entonces es mas rico en oro, cuyo metal (que siempre lo presenta la naturaleza en el estado nativo) no se distingue allí ni aun con el ausilio del lente. Su riqueza, que nunca es gran cosa, disminuye considerablemente pasados los 2000 pies de profundidad.

### *Criaderos en masa.*

Muchas veces se nos presenta una gran masa de roca que es de distinta naturaleza que la general del terreno que le sirve de caja, y conteniendo minerales de los cuales podemos sacar utilidad, cuya masa por consiguiente será un criadero beneficiable. Tales son v. gr. los dos célebres criaderos, el de Rammelsberg en el ducado de Braunschvveig, y el de Fahlum en Suecia.

En el primero, la roca general del terreno y que sirve de caja al criadero, es el esquisto arcilloso correspondiente, á mi parecer, á la corteza primitiva, cuyos estratos inclinan de 45° hácia el S. E. La masa que constituye el criadero asoma en

Digitized by Google

la superficie á media falda de la montaña, continuando en profundidad segun la estratificacion general del terreno. En un principio su potencia es de poca consideracion, pero luego va ensanchando, y á los 800 pies de profundidad, contados en vertical, llega á su mácsimo, para volver á adelgazar y casi desaparecer despues.

La masa del criadero está esencialmente formada por una pirita ferruginosa algo cobriza, pero ademas se encuentran en ella piritas mas cobrizas, galena, cuarzo, cal carbonatada, barita y toda clase de minerales. De ellos se estrae el cobre, el plomo, la plata, el oro y el azufre, pero la principal utilidad está en los dos primeros.

Aquella mina se halla en actividad no interrumpida de labores hace cerca de nueve siglos; en un principio la beneficiaban varios particulares, en el dia pertenece á los gobiernos de Braunschwieg y de Hannover, que la utilizan mancomunadamente, ó como ellos dicen, *in communion*, razon por la cual no produce todas las utilidades que debiera.

El criadero de Fahlum en Suecia es una gran masa informe de pirita de hierro, que llega y termina en una profundidad de 1200 pies, presentando algunas ramificaciones en distintas direcciones, pero la parte principal viene á ser un elipsoide cuyo diámetro mayor es 1000 pies, y el diámetro menor de 700. El mineral que es objeto de aquellas labores, lo constituye una especie de cáscara digámoslo asi, ó capa que envuelve á cuasi toda la masa piritosa, y compuesta de pirita de cobre y de galena que es argentífera. La caja del criadero es el esquisto micaceo correspondiente á la corteza primitiva.

La mina de Fahlum es célebre por los hermosos egemplares con que surte á las colecciones mineralógicas.

El orígen de estas masas asi encerradas, no es muy fácil de esplicar, y no se crea que esto sea una cuestion puramente filosófica y de mera curiosidad, no; porque cuando nosotros podamos darnos cuenta del modo como ha sido formado un criadero, tendremos ya mucho adelantado para hacernos cargo del yacimiento, antes de haberlo reconocido en su totalidad; y por



Digitized by Google

lo tanto, podremos desde luego establecer y dirigir nuestras labores con mas acierto, y con mas economía.

## *Criaderos en Stockwerk.*

Otras veces se vé claramente que la masa del criadero es una roca eruptiva y procedente de lo interior, en cuyo caso podemos estar seguros de que sus dimensiones irán aumentando con la profundidad, y bajo este conocimiento arreglaremos nuestro plan de labores como veremos á su tiempo. Hasta ahora no se ha llegado, ni probalemente llegarémos nunca con nuestras escavaciones, al orígen de estas masas eruptivas, porque el hombre está muy apegado á la superficie de la tierra, y puede separarse muy poco de ella, tanto hácia arriba como hácia abajo.

En razon á la naturaleza de las sustancias que componen la roca eruptiva, puede suceder que, toda ella sea el objeto de nuestras especulaciones; pero algunas veces, esta masa eruptiva no es de interés para nosotros, y solo sí, algunos filoncillos, venas ó ahujas que en ella se encuentran diseminadas. Entonces se dice *criadero en Stockwerk*, voz muy significativa en aleman, que los franceses han adoptado sin mudar una letra, y que nosotros haremos otro tanto introduciéndola como técnica, aun cuando no les parezca bien á los puristas de la lengua.

Los Stockwerk se presentan generalmente en rocas graníticas que han atravesado la corteza primitiva, y los minerales que mas frecuentemente en ellas se presentan son los de estaño.

Digitized by Google

## *Egemplos de criaderos en Stockwerk.*

### 1.°

El Stockwerk de *Geyer* en las montañas de Sajonia, es una masa de granito en forma de cono truncado elíptico, que asoma á la superficie á través del gneis. Su seccion horizontal en la parte superior es una elipse de 60 toesas de diámetro mayor, y 40 á 50 de diámetro menor. Toda esta masa de granito está rodeada ó envuelta por una capa mas ó menos gruesa, desde medio hasta tres pies de espesor, de un granito alterado, y lleno muchas veces de trozos de gneis de una á dos pulgadas de grueso, todo lo cual manifiesta claramente su origen eruptivo.

El objeto de aquellas labores lo constituyen unos pequeños filones ó venas de estaño, que atraviesan á la masa granítica en todas direcciones, y son los que constituyen el verdadero Stockwerk.

### 2.°

El criadero de Altemberg situado en la parte mas árida y mas triste de la frontera de Sajonia con Bohemia, es muy semejante al referido de Geyer, solo que no se presenta bajo una forma tan regularizada. La masa eruptiva, dicen aquellos ingenieros que es de pórfido, pero, á mi parecer, es un granito que tiene un aspecto porfídico en razon á la regularidad y abundancia de cristales de feldespato y de cuarzo hialino que en él se encuentran diseminados. Por lo demas, el objeto de beneficio, son unas venas de estaño lo mismo que en Geyer.

Lo mas notable del criadero de Altemberg con respecto al laboreo de minas, es el grande hundimiento verificado hace unos 200 años, que comprende en la superficie una estension de 600 pies de diámetro, y se comunicó hasta 300 pies de profundidad, á consecuencia de la mala direccion de las escavaciones y poca precaucion en fortificarlas. Del hundimiento

Digitized by Google

ha resultado que, toda aquella masa se ha destrozado y quebrantado de modo, que en el dia no es otra cosa que un gran monton de cantos mas gruesos y mas pequeños, como si con ellos se hubiese rellenado un gran hoyo que ecsistiese antes. Pero como lo que ocasionó el hundimiento fue el que, los antiguos, por la ambicion de mayores ganancias, iban arrancando mineral donde lo encontraban de mejor calidad, resulta que precisamente en la parte hundida es donde se encuentran los minerales mas ricos; y por consiguiente, las labores mas productivas en el dia, son las que se dirigen por entre aquel cúmulo de escombros, y para verificarlas sin que peligre la vida de los mineros, es necesaria toda la perfeccion á que ha llegado nuestro arte.

3.º

En España tenemos el célebre criadero de Rio-tinto, beneficiado desde el tiempo de los romanos y aun tal vez de los fenicios, cuya descripcion he dado en los anales de minas impresos en esta corte.

Este criadero lo constituye una gran masa, al parecer eruptiva, de piríta ferruginosa algo cobriza; pero á cierta profundidad empiezan á presentarse unos filones ó grandes venas, de piríta mas cobriza y de galena algo argentífera que, sin duda ninguna eran el único objeto de las escavaciones romanas. Nosotros en el dia beneficiamos indistintamente toda la masa piritosa, sin hacer un apartado de minerales mas ricos y mas pobres; de modo que Rio-tinto, para los romanos era un criadero en Stockwerk, y para nosotros es un criadero en masa. Yo creo que los romanos iban mas acertados porque, aquella masa en algunos puntos dá muy poca ó ninguna utilidad en la fundicion.

Las labores que constituyen la actual mina de Rio-tinto apenas han reconocido el criadero: ni siquiera sabemos hasta donde llegaron los romanos por aquella parte, cuyas labores se vé continuaban buscando la profundidad. Nuestras mas profundas escavaciones no pasan de 35 varas debajo del socabon de

entrada, que vienen á ser unas 80 contadas desde la boca de los pozos de estraccion. Segun los diferentes egemplos que hemos ya presentado, en un criadero de la consideracion del de Rio-tinto, la mayor riqueza no debe esperarse sino desde las 200 hasta las 300 varas de profundidad.

Los minerales de Rio-tinto son análogos á los de Rammelsberg, pero mucho mas ricos. Por el ecsamen de los escoriales antiguos se conoce que los romanos beneficiaban el cobre, el plomo, la plata y tal vez el oro.

4.º

La mina de Tschakirskoy en Siberia, se considera como un criadero en masa, aunque en realidad es solo una veta muy poderosa: lo mismo le sucede á la de Schlangenberg igualmente en Siberia. En la primera se utiliza el plomo y el cobre, y en la segunda la plata y el oro.

*Criaderos en capas.*

---

Los terrenos de sedimento como ya hemos dicho, estan formados por una serie de capas ó tongadas de tierra, de distinta naturaleza, de diferente espesor y sobrepuestas unas á otras. Entre estas diferentes capas puede haber alguna ó algunas compuestas de sustancias que sean útiles para nosotros, en cuyo caso tendremos un *criadero en capas*. Si la capa beneficiable es solo una, y de un espesor bastante considerable, entonces suele decirse *criadero en banco*.

Estas capas pueden yacer horizontalmente; pero si el terreno ha sido trastornado por erupciones posteriores, las capas se encontrarán en posicion inclinada y, lo que es para el orden y sistema de labores, se pueden en realidad considerar como si fuesen filones.

Criaderos metalíferos en capas no son muy frecuentes, sin embargo, hay uno muy célebre sobre todo por la parte metalúrgica ó de fundicion, que es al de Mansfeld, del cual hemos

hablado al clasificar el estudio del arte del laboreo. Este criadero consiste en una capa de pizarra cobriza de uno á dos pies de espesor, cuya altura es la que se dá á las escavaciones, resultando por consiguiente muy penosas para transitar como ya hemos dicho.

Los criaderos en capas que con mas profusion nos presenta la naturaleza son los de *ulla*; y como este combustible es en el dia de tanto interés para las artes y la industria, y para la sociedad en general, ellos deben por lo tanto fijar con mas particularidad nuestra atencion y nuestro estudio.

La formacion de los terrenos de ulla corresponde segun se ha visto á la época mas antigua de sedimento esto es, á aquella época geológica comprendida entre las erupciones graníticas y las porfídicas. Esto solo es ya un dato que nos sirve de mucho para nuestras investigaciones mineras, como vamos á demostrar.

El orígen de la ulla es generalmente atribuido á depósitos de troncos y hojas de árboles que, habiendo sido arrastrados por las aguas y recubiertos despues por otras capas de sedimento, han ido perdiendo todo lo que no era betun y carbon, y resultando capas de solo estas dos sustancias tan preciosas para nosotros. Yo, la verdad, no puedo concebir cómo se haya podido verificar esta transformacion, y me parece mas admisible suponer que, los restos vegetales acumulados por las aguas, y recubiertos y comprimidos despues por otras capas de sedimento, fueron destilando la sustancia bituminosa y carbonosa, que tanto abundaba en la vegetacion de la primera edad del mundo. Esta destilacion fue impregnando las capas del terreno sobre que descansaban los restos vegetales, y las iría impregnando hasta encontrar una capa impermeable que la impidiera pasar mas adelante.

Las razones en que yo me fundo para sentar mi opinion son, entre otras, 1.ª Las impresiones de restos vegetales siempre se encuentran encima y nunca debajo de las capas de ulla. 2.ª La ulla siempre contiene una parte terrosa, y muchas veces cuasi no es otra cosa que una tierra algo carbonosa, siendo entonces

de muy mala aplicacion en las artes. 3.ª Hasta ahora, que yo sepa, no se ha encontrado una hoja ni tronco de árbol, en posicion horizontal, dentro de las capas de ulla; los troncos que dentro de la ulla se encuentran algunas veces, están en su posicion natural, en el mismo sitio y posicion en que vivieron, y allí fueron enterrados por el torrente que acarreó de otros puntos los restos vegetales que despues han suministrado la ulla. Aquellos troncos son una cosa independiente de las capas de ulla, así es que, algunas veces se hallan enterrados parte dentro de la ulla, y parte fuera. 4.ª Las capas de ulla reposan siempre sobre una de arcilla, es decir, sobre una capa impermeable.

La esplicacion dicha es solo para la ulla propiamente tal, esto es, para el carbon de piedra de la primera época, pero no para el de formaciones posteriores, y mucho menos para lo que se llama lignites y carbon pardo, pues para estos viene muy bien la otra teoría.

Sea como quiera, los depósitos de ulla debieron formarse en los valles y cuencas preecsistentes, cuyos diques y cuyas cajas estaban por consiguiente constituidos por rocas de la corteza primitiva, ó por rocas graníticas, que eran las únicas que entonces ecsistían; por lo tanto, siempre que con nuestras labores en un criadero de ulla, tropecemos con un muro de roca granítica ó de una roca de la corteza primitiva, es prueba clara de que el criadero se ha concluido, y no hay que ir á buscarlo mas allá. Pero por el contrario, si tropezamos con una roca porfídica ó basáltica, podemos estar seguros de volver á encontrar la ulla del otro lado de aquella, puesto que estas rocas son posteriores, y son las que han trastornado y atravesado las capas de ulla.

Parece increible la elasticidad que tenian las capas de la formacion de la ulla cuando los pórfidos aparecieron á la superficie. Algunas de ellas están plegadas y replegadas en sentidos diferentes, ya formando Z, ya W, ya otras formas nada regulares, lo cual complica mucho algunas veces el estudio del criadero, y el órden de las labores que en él se han de establecer.

Digitized by Google

El fenómeno que dió orígen á la formacion de las capas de ulla se repitió por lo general, muchas veces en cada localidad, así es que, rara vez se encuentra una capa de ulla sola; siempre son varias, interpuestas entre otras de arenisca y de arcilla de mas ó menos espesor, y en todas partes se presentan sobre poco mas ó menos bajo unas mismas relaciones.

Las capas de ulla nunca pasan de 3—4 pies de espesor, y si se encuentra alguna de 25 y de 30 pies, se halla siempre interpuesta de otras ligeras capas de arcilla muy impregnada de carbon; de modo que, en realidad no es una capa de ulla, sino varias reunidas. Las capas inferiores son siempre de mejor calidad que las superiores.

La presencia de capas calcareas influye mucho en la mala calidad de la ulla.

Cuando las capas de un criadero de ulla, ó de otro mineral, estan en posicion inclinada, se considera en ellas, lo mismo que en los filones, la direccion y la inclinacion. Al grueso de una capa se llama *espesor* y no potencia, y es en general mas uniforme y mas constante que en los filones y vetas.

En las capas se dice yacente y pendiente lo mismo que en los filones; pero no se dice salbandas, sino, *lecho* á la capa inmediatamente inferior, y *techo* á la inmediatamente superior.

Como que el terreno de la formacion de la ulla ha sido tan quebrantado cuando la erupcion de los pórfidos, el fenómeno de las fallas, resbalamientos y dislocaciones es muy frecuente en estas capas. Pero tambien es mas facil encontrar su continuacion porque, es mas facil de conocer si ha sido el yacente ó el pendiente de la falla el que ha bajado, en razon á que ya se sabe cuales son las capas del terreno superiores á la de ulla, puesto que para llegar á esta ha habido que atravesar aquellas, y esto no siempre se verifica en los criaderos en filones. Ademas, todas las rocas del terreno de la ulla son por lo general no muy duras, y por consiguiente es mas fácil hacer en ellas reconocimientos.

Tambien suele suceder que la capa de ulla está interrumpida, en razon á alguna proeminencia ó desigualdad que ecsis-

Digitized by Google

tiese en el fondo del valle ó cuenca en que se verificó el depósito, como se representa en Fig. 10, donde la capa *ab* está interrumpida por el saliente A. A este fenómeno se le dá el nombre de *falla falsa*; y no puede verificarse sino en las capas mas inferiores del criadero. Si la capa monta por encima del obstáculo como en Fig. 11, se llama un *caballo.*

Como en las capas de ulla no hay ganga, sino que todo es mineral útil, y que por otra parte, la ulla es un mineral facil de arrancar, resulta que, las labores van muy apricsa, y por consiguiente la cantidad de los frutos ó productos es estraordinaria; de otro modo no seria posible beneficiar con utilidad, semejantes criaderos, cuyo mineral es de tan poco valor en venta, pues por lo general nunca llega á 3 rs. de vellon el quintal al pie de la mina. Por la misma razon estos criaderos son muy interesantes para el ingeniero de minas, porque al cabo de pocos años resultan en ellos grandísimas y muy complicadas escavaciones, y muy espuestas á inundaciones y hundimientos, sin otras muchas contrariedades que hay que superar en esta clase de labores.

Las escavaciones en rocas graníticas y de la corteza primitiva van muy despacio; y, cualquiera proyecto de alguna consideracion, tarda muchos años en realizarse.

## *Egemplos de criaderos de ulla.*

---

### 1°.

Los criaderos de ulla mas notables entre todos los conocidos, son sin duda ninguna los de Inglaterra, no tanto por la abundancia y buena calidad del mineral que en ellos se encuentra, sino por el partido que los ingleses han sabido sacar de tan precioso combustible. Los minerales de oro, plata, cobre y demas metales siempre tienen un valor en el comercio y por consiguiente, el empresario minero siempre tiene la ven-



Digitized by Google

ta asegurada, sea mas tarde ó mas temprano, y aun muchos de ellos puede venderlos siempre en el momento que salen de la mina. No sucede lo mismo con la ulla; en primer lugar, el consumo de las cocinas y abrigo de las habitaciones es de muy poca consideracion para dejar utilidades al minero; es necesario que haya fundiciones ú otras fabricaciones que dependan esencialmente de la accion del fuego. 2.° Como la ulla es un mineral de tan poco valor no se puede transportar, á lo menos por tierra, á una gran distancia porque, el transporte hace subir demasiado su coste, y entonces tiene mas cuenta quemar leña. De modo que para que tenga cuenta beneficiar un criadero de ulla, es indispensable que haya un gran movimiento industrial en sus inmediaciones; sin esta circunstancia un criadero de ulla no tiene valor ninguno, como desgraciadamente lo vemos en nuestro pais.

Los criaderos de ulla de Inglaterra son tan conocidos de todo el mundo, que no merece la pena el que nos detengamos en dar una noticia de ellos; solo diremos algo sobre su gran produccion.

En el distrito de Newcastle en el Northumberland, se estraen anualmente 72 millones de quintales ingleses de ulla, que vienen á ser 80 millones de quintales españoles.

De las minas propias del duque de Bridgewater en Walken-moor, salen semanalmente 200000 quintales de ulla, que vienen á ser al cabo del año 11 ½ millones de quintales españoles.

Se calcula que en toda Inglaterra se producen al año 422.400000 quintales de ulla; resultando de las escavaciones hechas, un hueco ó cavidad de 937.785000 pies cub. esp. En el arranque y estraccion de dicha ulla se ocupan 120000 mineros; y en su conduccion por agua hasta los puntos de consumo, 30000 marineros. Suponiendo que el consumidor pague la ulla solo á 2 rs. el quintal, resulta que la produccion de este ramo de minería asciende en Inglaterra á 844 millones de reales.

Si se considera despues, los valores que crea esta ulla por

Digitized by Google

su inmediata aplicacion á las artes y al comercio, se podrá formar alguna idea de la inmensa riqueza de aquel pais.

2.°

En el Norte de Francia y los reinos allí limítrofes ecsiste un inmenso depósito de ulla repartido, digámoslo así, en varios criaderos, que vienen á ser otros tantos centros de industria y de actividad social. Sin embargo, los correspondientes á Francia no dan mucha vida al pais: tal vez ahora puede ser que muden de aspecto, en razon al furor que se há apoderado de los franceses para formar compañías industriales, algunas de las cuales han tomado por objeto el beneficiar aquellas ullas; pero como es para esportarlas fuera, nunca quedará en el pais mas utilidad que los miserables jornales de los pobres mineros.

En el pais de Saarbrück y toda aquella parte de la Prusia y de la Baviera rhinéana ya es otra cosa, porque hay muchas fundiciones de hierro y bastante industria fabril, de donde resulta un cierto movimiento. De la mina de St. Ingbert, en terreno de Baviera, se estraen anualmente 360000 quintales de ulla: de otra mina allí inmediata en terreno prusiano se sacan 1.080000 quintales: la produccion de Saarbrück es mucho mayor. Pero donde se hacen mas perceptibles los efectos admirables del precioso mineral en cuestion, es en la Bélgica y particularmente en la provincia de Lieja. Aquello és una acumulacion de industria fabril; es una poblacion esclusivamente compuesta de fábricas de todas clases de artefactos, en las cuales el motor es siempre el calórico desprendido por la combustion de la ulla.

La mina de Mr. Lessoine en Valbenois produce 3000 quintales de ulla diarios, y la de su vecino Mr. Orban 4000. En las fábricas establecidas en la ciudad de Lieja y sus inmediaciones, se consumen diariamente 150000 quintales de ulla.

Digitized by Google

3.º

Otro gran depósito de ulla en Europa es el de Silesia, y se utiliza principalmente para la produccion de la gran cantidad de hierro fundido que presenta la Prusia en el comercio. El criadero de Sabrze, que está reconocido en una estension de 9 leguas de largo y 3—4 de ancho, produce combustible para la marcha de 60 hornos altos de hierro y sus dependencias. Tanto este criadero como otros de la Silesia, tendremos frecuentes ocasiones de citarlos, en razon á lo bien entendidas y bien dirigidas que están sus labores.

4.º

Un sabio geognosta frances ha dicho que en España carecemos de este precioso combustible, pero apesar de su autoridad, respetable tal vez en otros puntos, tenemos mas ulla que ninguna otra nacion de Europa inclusa la Inglaterra; y eso que nuestro suelo está apenas reconocido geognósticamente. El terreno de cuasi toda la provincia de Asturias es correspondiente á la formacion de la ulla, con la particularidad de que por lo general las capas de este mineral asoman á la superficie; asi es que, la industria de su beneficio estaba en manos de los labradores propietarios de los terrenos correspondientes, quienes arrancaban de mala manera, sobre 40000 quintales anuales para surtir la maestranza de la Coruña, y para las fundiciones de plomo de Adra.

Hace unos cuatro años, la compañía de los SS. Ferrer, Lessoine y Cockeril, en virtud de concesion del gobierno, han establecido labores en regla en Santa María del mar, junto á Avilés. Sabemos que aquellas labores estan muy bien dirigidas por un ingeniero belga muy inteligente, y aunque sabemos el método de laboreo que han establecido, no podremos presentar detalles ni datos porque no los conocemos, como tampoco sabemos qué cantidad de ulla estraen anualmente. El benefi-

Digitized by Google

cío de aquellos criaderos vá á tomar mayor impulso, porque últimamente se han concedido muchas pertenencias á varios particulares. Pero toda esta ulla se esporta fuera; en la provincia de Asturias no ecsiste todavía nada de industria fabril.

El criadero de Villanueva del Rio, provincía de Sevilla, podria ser de grandísima utilidad, porque hay en él bastantes minas abiertas y en actividad de labores, pero en la provincia no hay mas consumo que de 30000 quintales anuales, y no hacen la estraccion con bastante economía para poderla transportar hasta la costa, y concurrir en venta con la ulla que viene de Asturias y de Inglaterra.

El beneficio del criadero de Villanueva del Rio se puede esperar tome incremento algun dia; no asi el de Espiel y Belmez en el corazon de Sierra Morena, entre Córdova y Almaden, que comprende una estension de mas de diez leguas, y no se estraen de él mil quintales al año. Las dos provincias que le son limítrofes, no solo no son industriales, sino que no tienen disposicion para serlo tal vez nunca; de modo que aquel inmenso depósito de ulla no nos sirve para nada, bueno es sin embargo que sepamos que ecsiste.

En la cuenca superior del Ter en los Pirineos de Cataluña, hay tambien otro gran criadero de ulla, al cual parece qué empiezan á acudir los industriales para tratar de utilizarlo, pues se halla ventajosamente situado, no lejos del mar.

### *Criadero en bolsas, nidos y riñones.*

---

En los terrenos de sedimento suelen encontrarse depositados grandes bloques ó masas aisladas, de una naturaleza diferente de la roca ó masa de la capa en que estan encerradas. Siempre se hallan diseminadas sin órden ni regularidad, tanto en su colocacion como en su tamaño y figura; pero su yacimiento está limitado á una cierta capa, y no se encuentran en todas las demas, lo cual es un dato muy interesante para no hacer investigaciones inútiles é infructuosas.

Digitized by Google

Segun es el tamaño habitual de estos bloques, asi reciben ellos diferentes nombres. Si son muy grandes se dice *criadero en bolsas ó en bolsones*; si mas pequeños, *criadero en nidos* como suelen ser los de calamina; tambien los hay en granos pequeños como v. gr. las capas de hierro pisiforme.

### *Egemplos.*

1.°

Como egemplo de un criadero en bolsas daré una idea del célebre de Wieliezka que, en mis viages, hice un rodeo bastante considerable por ir á visitarlo, pues no podia convencerme fuesen ciertas las maravillas que de él contaban algunos viageros. El laboreo allí establecido en el dia por los ingenieros austriacos me pareció muy bien entendido, y será el que, á su tiempo, propondré debe seguirse para el beneficio de semejantes criaderos.

En toda la falda Norte de los montes Carpathos, que separan la Ungría de la antigua Polonia, se encuentran grandes depósitos salinosos en terrenos de la época terciaria. El mas notable de todos ellos se halla junto al pueblo de Wieliezka, rellenando una cuenca que vendria á tener una legua de largo de S. E. á N. O., y otro tanto sobre poco mas ó menos de ancho, resultando formada por dos ramificaciones ó estribos de dichos Carpathos. El fondo de esta cuenca, ó límite del criadero en profundidad, está ya reconocido, y lo constituye una arcilla margosa yesosa de color gris azulado oscuro, en la cual se presenta una capa irregularmente ondulosa é impregnada de azufre, cuyo mineral algunas veces está perfectamente cristalizado; pero por lo general se halla en pequeñas bolas ó riñones.

En la parte inferior del criadero, esto es, inmediatamente sobre la capa arcillosa azufrosa del fondo, viene una capa muy poderosa,

Digitized by Google

de 300—400 pies de espesor, constituida por una roca arcillosa margosa, y atravesada por ligeras venas de yeso en todas direcciones. En este gran banco, que así se puede llamar, se encuentran diferentes capas de una roca salinosa, que los polacos llaman *Spizakowka*, y que en aquella parte del criadero forma el objeto del beneficio, puesto que contiene cerca de un 90 por 100 de sal. Estas capas salinosas que, en realidad se puede decir yacen horizontalmente, no son planas sino de forma ondulosa, entrelazándose mútuamente unas con otras, y de un espesor variable que nunca llega á ser de mucha consideracion. Entre las capas de *Spizakowka* se encuentran algunos cantos ó riñones de sal perlada, de un hermoso color y transparencia, y que llaman *Szybickowka*; son por lo general de pequeña magnitud, pero se ha encontrado uno bastante grande para labrar, de tamaño natural, la efigie de la Vírgen, que se halla en uno de los altares de la capilla subterránea.

La roca arcillosa margosa continúa siempre hácia arriba, en una altura de unos 700 pies sobre el espesor dicho anteriormente. Esta roca está muy impregnada de sal, y en cualquiera otra parte podria ser objeto de muy útil beneficio; pero allí tienen otro mineral mejor, que se presenta en bloques ó bolsas de todos tamaños, y diseminados con irregularidad. La forma de estos bloques ó grandes cantos, es por lo general redondeada, y los hay cuyo eje mayor tiene cerca de 200 pies de longitud, hallándose esta mayor dimension unas veces en la horizontal, otras en la vertical, y otras en posicion inclinada. La masa de estos bloques de sal es enteramente semejante á la de las capas ondulosas del miembro inferior del criadero, tanto por su color gris oscuro, como por su gran contenido de sal, pero sin embargo le dan el nombre particular de *Mackowka* en razon, sin duda, á su distinto modo de yacer.

El todo del criadero salinoso se halla recubierto por una capa mas moderna de arenisca, tambien algo salinosa, y de unos 40—60 pies de espesor.

Digitized by Google

Con el beneficio ó arranque de los bloques ó bolsones, resultan grandes hoquedades, que han aprovechado para hacer varios juguetes, que no se les puede dar otro nombre hablando como facultativos. En uno de ellos, por egemplo, han dejado un trozo de mineral sin arrancar, labrándolo en forma de obelisco, con una pirámide sobre su pedestal, y en este, incrustado con letras doradas, una inscripcion al emperador Francisco. Otro de los huecos lo tienen constantemente lleno de agua, y hay que atravesarlo sobre una almadia; á esto llaman *el mar*. En otro hueco, por cuya inmediacion por la parte superior pasa el caño de desagüe, han practicado unas escalinatas, sobre las cuales hacen caer el agua en forma de cascada, siempre que el curioso viagero lo desea, es decir, si paga la propina correspondiente; y para hacer el efecto mas vistoso, encienden luminarias en ciertos puntos de la cavidad. Otro hueco lo han aprovechado para un salon de baile, y otro allí inmediato para una capillita ú oratorio que tiene tres altares, donde se dice misa el dia de la Visitacion de nuestra Señora, que es la patrona de aquella mina; y despues de la misa gran almuerzo y baile.

Antiguamente todo el tráfico y acarreo interior de la mina se hacia por medio de caballos, y habia de ellos hasta 60: cuando yo la visité en 1833 solo eran 24. Con una galería de reconocimiento han llegado hasta fuera del terreno salinoso y allí han encontrado un manantial de agua potable, que aprovechan para dar de beber á dichos animales, los cuales nunca salen á la superficie; pero los mozos que cuidan de ellos son relevados en su trabajo como los demas operarios. Lo que cuentan de que hay casas y calles subterráneas, y de que hay individuos que han nacido dentro de la mina y que nunca han visto la luz del dia, es enteramente falso.

La mina de Wieliezka produce de 7 á 800000 quintales de sal al año, que los vasallos austriacos tienen que comprar por fuerza y al precio que designa el gobierno, como es de costumbre en todos los paises de la civilizada Europa.

Digitized by Google

2.°

El criadero de las Alpujarras en la sierra de Gador, no está hasta ahora bien reconocido ni descrito científicamente; ni siquiera se ha dicho todavia fijamente qué clase de terreno es el que sirve de caja: alli no se ha pensado mas que en arrancar de cualquiera modo la mayor cantidad posible de mineral, sin órden ni concierto, y sin prevision para lo futuro. Yo no lo he visitado todavía, pero por lo que dicen los que lo han visto, abunda mucho la caliza, cuya roca no se ha clasificado esactamente, y que yo creo debe ser la caliza de montaña, *Bergkalk* de los alemanes, esto es, uno de los miembros de la formacion de la grauwaca, ó sea la formacion mas antigua de sedimento.

Entre aquellas capas calizas formando digámoslo así ciertas grandes zonas, se hallan empotradas masas aisladas de galena ó sulfúro de plomo, entre cuyas masas las hay de un tamaño estraordinario tal que, solo una de ellas basta para hacer la fortuna de la empresa que tiene la dicha de tropezarla. Por consiguiente el criadero de las Alpujarras es un *criadero en bolsas*. Esperemos y confiemos en que algun dia nuestros ingenieros y nuestro gobierno pondrán un órden completo en aquellas labores, sistematizándolas y arreglándolas de modo que, tengamos una finca cuyos productos sean fijos, constantes y asegurados para unas cuantas generaciones futuras; que es el gran principio que hay que tener presente en la industria mineril, y por cuya razon es indispensable que el gobierno intervenga en ella, como encargado de vigilar sobre el bien comun de toda la nacion.



Digitized by Google

Digitized by Google

# LABOREO DE MINAS.

## PRIMERA PARTE.

### *HACER Y FORTIFICAR ESCAVACIONES.*

## CAPITULO I.

### *MODO DE HACER ESCAVACIONES EN GENERAL, Y HERRAMIENTAS QUE PARA ELLO SE EMPLEAN.*

1. Para hacer una escavacion, sea cualquiera su objeto, hay que considerar dos cosas: 1.ª lo material de hacer la cavidad ó *rompimiento* en la roca. 2.ª Esta cavidad necesita conservarse abierta mas ó menos tiempo, para lo cual, en muchas ocasiones, basta darla ciertas y determinadas formas: pero en otras ocasiones, será indispensable construir obras de sostenimiento, para que las paredes de la escavacion no se desmoronen y la obstruyan: estas obras en general reciben el nombre de *fortificacion*, y de ellas nos ocuparemos despues.

2. Lo material de hacer escavaciones se puede considerar dividido en tres clases principales, que son *cavar*, *picar*, y *quebrantar*. Todavía se puede añadir el método de *disolucion*,

Digitized by Google

pero este solo es aplicable en casos muy escepcionales; en rocas de una naturaleza particular, como diremos á su tiempo.

## §. 1.° *De la cava.*

3. Se hace uso de la cava cuando la roca es suelta ó poco tenaz, que es lo que vulgarmente llaman tierras. Esta operacion de cavar consta de dos partes; la primera es segregar ó separar un trozo de roca del resto de la masa, y la segunda es arrojar este trozo arrancado á una cierta distancia.

Si la roca es enteramente suelta, costará muy poco trabajo el segregarla; y en ese caso, para hacer una escavacion bastará el uso de las herramientas conocidas con el nombre de *palas*, con las cuales no hay mas que ir cogiendo la tierra y echándola fuera; pero si la tierra es algo mas compacta, entonces habrá necesidad de servirse de *azadones* ó bien de *picos*. Con el azadon se hacen las dos operaciones, es decir, se segrega un trozo de tierra, y luego con el mismo azadon se arroja este trozo á una cierta distancia. No sucede lo mismo con el pico, el cual no hace mas que abrir ó separar trozos de tierra, y despues hay que servirse de otra herramienta para quitar esta tierra.

### *Palas.*

4. La *pala* es una herramienta bien conocida y muy comun; se reduce á una plancha de hierro en forma rectangular, con un pequeño cabo tambien de hierro en el cual enchufa rectamente, ó con muy poca inclinacion, un palo ó mango de madera mas ó menos largo. La forma, magnitud y peso de las palas, varían mucho en cada pais.

La pala que usan en las minas de Sajonia es la representada en Fig. 12. Tiene 10 pulgadas de largo comprendido el enchufe, 8 pulgadas de ancho y pesa 3 ¼ libras. El palo ó

Digitized by Google

mango tiene 5 pies de largo, y es algo encorvado en el sentido en que se hace la fuerza. Prescindiendo de esta pequeña curvatura, forma con el plano de la pala un ángulo de 150°, cuya inclinacion tiene ya el enchufe. Esta disposicion hace muy cómodo su uso, y por lo tanto es la pala que á mi parecer debe recomendarse, sobre todo para llenar los carros y carretillas.

Fuera de España, las palas rectas se usan como las *layas* de los vascongados, es decir, se clavan primero en tierra, luego se acaba de introducir con el pie del operario, el cual se apoya despues sobre la pala á estilo de palanca para arrancar un trozo de roca, y este trozo una vez arrancado se arroja con la pala misma. Este uso no se puede aplicar sino en terrenos algo arcillosos y muy húmedos.

## *Azadon.*

5. El azadon se diferencia de la pala únicamente en el modo de estar colocado el mango, el cual forma con la plancha de hierro un ángulo agudo, ó cuando mas recto. Por consiguiente el mango del azadon no entra á enchufe, sino en un *ojo* adicional que por lo general es cuadrado, y de una magnitud proporcionada al grueso del mango. La parte anterior de la plancha ó sea la *boca* del azadon, remata en un filo tosco; y la parte posterior ó *cabeza* es mas gruesa y mas pesada. Toda esta disposicion está arreglada al modo de usar el azadon, cuya primera accion es la de ser clavado en tierra como hemos dicho.

6. El *Kratze* ó azadon de Sajonia es algo cóncavo á manera de cuchara, con una concavidad de tres pulgadas. Su forma es como representa la Fig. 13, teniendo 12 pulgadas de largo y 8 de ancho en la boca; su peso es 3 ½ libras. El mango es elíptico de 3 á 3½ pies de longitud, con una muesca en el medio y un remate en el estremo, con el objeto de que, sin necesidad de apretar mucho, no se escurran las manos al tiempo de hacer uso de esta herramienta.

Digitized by Google

Otro azadon usan los mineros sajones que se diferencia del anterior en que, su boca remata en tres puntas como indica la Fig 14. Este azadon es muy útil para cabar en terrenos pedregosos.

### Pico.

7. Los picos que se usan para la cava, se reducen á una barra de hierro mas ó menos larga, y mas ó menos gruesa, rematada en punta por un estremo, y con una cabeza en el otro, con su ojo para introducir el mango. Los picos de cavar son por lo general algo encorvados.

8. El pico que se usa en Sajonia es de la forma que representa la Fig. 15. Su curvadura corresponde á un círculo de 3 pies de radio. Su longitud 18 pulgadas, y pesa unas 4 libras. El mango es elíptico y tiene 3—4 pies de largo. Si la roca sobre que se trabaja salta facilmente en lajas, entonces la punta del pico suele ser algo achaflanada, en caso contrario es piramidal.

9. No se puede decir fijamente cuáles sean las dimensiones, forma y peso que con preferencia deben adoptarse para las herramientas empleadas en la cava, porque estas habrán de modificarse segun sea la calidad de las tierras, y segun su estado de humedad ó de sequedad. Lo mas acertado me parece que será adoptar las herramientas que se usen en el pais, escogiendo entre ellas las mas acomodadas al objeto; porque en todas partes la gente que compone la clase trabajadora ú operarios, se resiste siempre á la introduccion de novedades, aun cuando estas sean en favor y alivio suyo, y que por otra parte, la costumbre y el hábito de trabajar de una cierta manera, es una de las principales herramientas en dicha clase de gentes, las cuales en realidad no son otra cosa que unas máquinas un poco animadas. Sin embargo se puede recomendar en general que, las palas no pesen arriba de 3 libras, siendo su mango de unos 5 pies de longitud: los azadones deben pesar 5—6 libras y su mango no debe ser menos de 3 pies de largo.

Digitized by Google

En algunos distritos de Navarra y de la Rioja se usan azadones de hasta 14 libras de peso, y su mango apenas tiene 2 pies. Para hacer uso de estos azadones se necesita desplegar un grande esfuerzo, sin obtener un resultado mucho mas ventajoso que con los azadones comunes, resultando por el contrario que el hombre se destruye é inutiliza á pocos años de trabajo.

10. La cava dentro de los subterráneos no podrá hacerse siempre con la misma clase de herramientas que en la superficie: la angostura de las cavidades no permite algunas veces hacer los movimientos necesarios para el manejo de las herramientas que hemos descrito, y en ese caso hay que servirse de *rables*, *raederas y ganchos*.

El rable viene á ser un azadon pequeño, mas ancho que largo, y con un mango de mucha longitud, aunque los hay tambien de mango corto.

La raedera se diferencia únicamente del rable en que su boca, en lugar de ser lisa y seguida, termina en varios dientes que pueden ser romos ó puntiagudos.

El gancho no es otra cosa que un pico muy pequeño y de poco peso, con un mango proporcionalmente muy largo.

## §. 2.° *Picar.*

---

11. La operacion de picar se reduce á hacer saltar sucesivamente pequeños trozos de roca, resultando al cabo de cierto tiempo una escavacion mas ó menos grande. Por consiguiente solo se usa esta operacion cuando la roca es muy dura y tenaz, y que la escavacion que se trata de practicar debe tener sus dimensiones y límites determinados. Tambien se usa cuando de los rompimientos hechos para la pólvora ó por el fuego, resultan *chichones* ó desigualdades que es preciso hacer desaparecer, bien sea para la comodidad del tránsito, ó bien para aprovechamiento del mineral.

Las herramientas que se emplean para picar son los *picos*,

Digitized by Google

*piquetas y piquetillas*, y de aqui el nombre de *picadores*, á los operarios que se ocupan de esta faena.

### *Picos de picar.*

12. La forma, magnitud y peso de los picos de picar varian estraordinariamente en cada pais, y aun en una misma localidad. Para definir esta herramienta de un modo general dirémos que, se reduce á una barra de hierro con un ojo, en el cual entra perpendicularmente un mango de madera. Pero esta barra de hierro tiene dos estremos que pueden ser, el uno un martillo ó cabeza y el otro una punta ó boca, ó bien ser bocas los dos estremos; y la boca ó las bocas pueden ser en chaflan paralelo al mango, en chaflan perpendicular, y en punta piramidal. Si se combina la forma de ambos estremos, ya en martillo, en punta ó en las dos clases de chaflanes, resultará una diversidad de picos; sin contar ademas lo que pueden variar por el tamaño y peso, y por el modo de colocar el mango, bien sea en el medio, ó cerca de uno de los estremos.

Por la esplicacion que acabamos de hacer se vé que, bajo el nombre genérico de picos de picar se comprenden una porcion de herramientas usadas en cantería y en minería, tal como *picos*, *picas*, *piquetas*, *escodas*, *alcotanas*, &c. que sería muy largo el ir describiendo detalladamente, y que por otra parte son herramientas que todo el mundo conoce. Solo diremos en general que, todo pico, sea de la clase que quiera, debe tener una cierta curvatura proporcionada al rádio del círculo que describe cuando se hace uso de él, para que de este modo la accion del choque sea en la misma direccion en que viene el movimiento, y no haya una pérdida de fuerza en el efecto que se trata de producir.

### *Punterola y martillo.*

13. En minería se suele hacer uso de los picos, pero las herramientas características del minero para picar la roca son

la *punterola* y el *martillo*, por el estilo de los picapedreros ó canteros. La punterola es una pequeña barra de hierro terminado en punta por un estremo, y el otro estremo cortado en plano para recibir los golpes del martillo.

14. La punterola debe pesar muchísimo menos que el martillo, por una sencilla razon fuudada en principios de mecánica, y es la siguiente. Lo que se trata de hacer con el manejo de estas dos herramientas es, comunicar á la punterola la cantidad de movimiento (*) que lleva el martillo en el momento del choque, para que ella haga el mayor efecto posible sobre la roca. Pero, á esta comumicacion de movimiento se opone la inercia de la masa de la punterola: luego, cuanto mas pesada sea esta, es decir, cuanto mas masa tenga con respecto á la del martillo, tanto menos efecto producirá sobre la roca, á menos de dar al martillo una velocidad estraordinaria. Esto lo saben muy bien los titiriteros y saltimbanquis cuando se colocan encima del pecho un gran yunque de hierro, y hacen que peguen contra él con unos martillos. La cantidad de movimiento de los martillos se pierde en la gran masa del yunque, y el pecho del hombre no recibe la menor impresion, que es precisamente lo contrario de lo que tratamos de hacer en la operacion de picar.

15. La punta de la punterola debe estar acerada para que haga efecto; pero no con un temple demasiado fuerte, porque entonces salta con facilidad y se gasta mucho en composturas. La cabeza de la punterola puede ser ó no acerada segun como esté la cabeza del martillo, es decir, que de las dos superficies que chocan, la una ha de ser acerada y la otra dulce.

En algunos paises hacen uso de la punterola cogiéndola á mano limpia, y en otras partes le ponen un mango ó astil proporcionado de madera, á estilo de los picos: esta costumbre es mas prudente, porque evita el destrozarse la mano izquierda con los golpes en falso.

---

(*) Se llama cantidad de movimiento al producto de la masa de un cuerpo por su velocidad.



Digitized by Google

16. Los mineros alemanes, teniendo presentes todas las consideraciones que llevamos hechas, han adoptado hace mucho tiempo la punterola (*Eisen*) y el martillo (*Schlaegel*) representados en las Fig 16 y 17: La punterola es de hierro cuadrado, de 0,02 de vara de grueso, de 0,18 de longitud y pesa de 8 á 10 onzas: su punta está acerada, y la cabeza no. En la mitad de su longitud tiene un ojo para asegurar el estremo del mango, que tiene sobre 0,40 de largo, y debe ser de madera algo flexible para que pueda ceder al efecto de algun golpe mal dirigido del martillo, y que por otra parte su objeto no es el de resistir á ninguna fuerza, sino solo sostener la punterola en la posicion requerida. En queriendo hacer mucha fuerza con la mano izquierda, lo único que se consigue es romper el mango á los pocos golpes.

El Schlaegel ó martillo es tambien de forma prismática cuadrangular; su longitud 0,18, y su grueso 0,05 (*) y pesa de 4 á 5 libras; no es perfectamente recto, sino con una curvatura de 0,83 de radio: sus dos cabezas son aceradas. El mango es elíptico y de 0,38 de largo. Todas las aristas tanto del martillo como de la punterola, estan rebajadas con un pequeño plano.

Cuando el picador baja á la mina recibe en el almacen el *Riemen*, que nosotros llamaremos el *rimero*, y se reduce á una grapa de hierro con dos barras colgantes, en las cuales se ensartan por el ojo las punterolas necesarias para el trabajo, que por lo menos son 16, y lo mas 36 para una entrada de 8 horas. Tambien lleva consigo el mango de la punterola que es de su cuenta reponer, pero el martillo lo recibe dentro de la mina.

El martillo no solo sirve para trabajar con la punterola, sirve tambien para reconocer la firmeza ó la flogedad de la roca, y saber si la escavacion está segura ó amenaza ruina: sirve tambien para determinar el parage en que se ha de abrir

---

(*) Para las medidas de longitud nos referiremos siempre á la vara castellana dividida en cien partes ó centésimas, que es la unidad adoptada en nuestra minería por el restaurador de ella don Fausto de Elhuyar.

un barreno, para reconocer el estado de las maderas, en una palabra, el martillo es el guia ó lazarillo del minero, y sin su ausilio es hombre perdido dentro de los subterráneos. Entre los mineros alemanes es tan general el uso del martillo y la punterola que, estas dos herramientas han llegado á ser el distintivo y escudo de armas de todos ellos, colocando los dos mangos en cruz ó haspa de San Andres, con los hierros hácia arriba. A la puerta de todo establecimiento de minería, sea de la clase que quiera, se vé estampado este emblema con la inscripcion ¡*Glück auf*! que es el saludo minero y quiere decir ¡*Felicidad*! En los botones de sus vestidos, en las gorras ó cachuchas, en las hombreras de las blusas, en las portadas de los libros; en una palabra, en todo lo que tiene relacion con minería y con mineros se ven la punterola y el martillo. De los mineros alemanes ha pasado esta costumbre á los mineros rusos, franceses, ingleses, italianos y americanos, siendo en el dia este emblema y el saludo *Glück auf*, un distintivo y signo de hermandad entre todos los mineros del mundo.

Los alemanes, como son tan minuciosos en los detalles de tecnología, hacen una distincion de los diferentes modos de manejar la punterola y el martillo, segun que con este se pega de derecha á izquierda, de izquierda á derecha, de abajo hácia arriba, &c., &c, dando un nombre particular á cada modo de trabajar con dichas herramientas. Nosotros no entraremos en estos pormenores, y nos contentaremos con manifestar los principios que deben seguirse para

*Hacer escavaciones regulares con el martillo y la punterola.*

17. Primeramente, aun cuando la escavacion haya de ser muy ancha, nunca se le dá toda la anchura desde un principio: un picador avanza solo, y no abre mas espacio que el preciso para poder trabajar con alguna comodidad, es decir, unos dos pies de anchura por 5 á 6 de altura. Este picador empieza por abrir una canaleja, horizontal á la mitad de la altura, sobre poco mas ó menos, del frente ó superficie que

va á escavar, y la primera entrada ó descalce hay que hacerlo muchas veces con un barron de hierro de punta acerada, para que la punterola tenga despues donde agarrar. Esta canaleja ó descalce se va profundizando hasta unas 10–12 pulgadas, y con una anchura correspondiente segun sea la calidad de la roca.

Una vez hecho este primer descalce, se arranca un lienzo de toda la estension que ha de tener el frente de la escavacion, y de la profundidad ya marcada, y esto se debe verificar arrancando sucesivamente zonas ó fajas paralelas al primer descalce. El andar picando á derecha é izquierda sin un órden seguido y buscando las flogedades de la roca, es de malos operarios y no cunde el trabajo lo que debiera.

Las Fig. 18 A y A′ dan una idea de lo dicho. La A′ representa la escavacion vista de frente, y la A es una seccion á lo largo de la escavacion comprendiendo una parte de la roca que se trata de escavar. *a* es el primer descalce; *b*, *c*, *d*, son los descalces sucesivos; y *m*, *n*, *&c.*, los lienzos en que se va repitiendo la misma operacion.

18. Si la roca es estratificada, puede suceder que las lajas ó estratos buzen hácia adelante como en Fig. 19, ó que se metan debajo de los pies como en Fig. 20. En el primer caso, el primer descalze se establecerá en la parte baja del frente de la escavacion, porque es mas cómodo ir arrancando el lienzo hácia arriba; y en el segundo caso á la inversa, por la razon contraria.

### *Barrones.*

19. Tambien se suele picar la roca con un *barron* ó barra grande de hierro, que tiene su punta acerada; pero esto es solo en casos muy especiales. Los romanos debian emplear este método, pues de otro modo no se concibe como podian abrir en roca dura aquellos pozos tan estrechos ó mas bien lumbreras, que se encuentran en los sitios donde ellos trabajaron; en cuyos pozos apenas cabe un hombre y sin embargo van á gran

Digitized by Google

profundidad. El operario debia trabajar en pie y picar con la barra en el suelo sobre que descansaba, lo cual parece comprobarse por algunas herramientas que se han encontrado, reducidas á una barra de hierro de mas de tres pies de longitud, y engruesando en un estremo para rematar luego en punta á manera de lanza; pero despues entra la dificultad de como hacian para estraer la roca ya arrancada, porque, en algunas de dichas escavaciones, un hombre puede introducirse de pie derecho, pero lo que es bajarse, ni siquiera ponerse en cuclillas, imposible. Lo mas notable es que, las paredes de estos pozos están perfectamente planas y lisas.

Sea como quiera, el picar con barron puede alguna vez tener buena aplicacion cuando se quiera escavar en el suelo, y que la cavidad no tenga mucha amplitud.

### §. 3.° Quebrantar.

20. El hacer escavaciones con las herramientas de picar, tiene el inconveniente que es una labor que avanza muy poco, y por consiguiente es muy costosa, así es que solo se usa en ciertos casos como hemos dicho. (núm. 11.) Pero si el rompimiento no está muy limitado, y que se quiere avanzar, como es natural, mucho en poco tiempo, en ese caso el medio mas espedito y mas económico es quebrantar la roca por medio de barrenos cargados con pólvora. Tambien se quebranta la roca, y aun con mas economía, aplicando el fuego inmediatamente sobre ella, ó lo que se llama *torrefaccion*; pero este método tiene sus inconvenientes, y no se puede usar siempre, como veremos despues.

#### *Barrenar ó dar un barreno.*

21. En Rammelsberg dicen que es donde primero se hizo uso de la pólvora para hacer saltar la roca; segun las cróni-

Digitized by Google

cas parece que en el siglo XIV la empleaban allí en las canteras en la superficie. Lo que es dar barrenos dentro de las minas no se adoptó como labor hasta el siglo XVII en Ungría, de donde pasó á Freiberg en Sajonia en 1613. Pero este método que ahora es tan sencillo y tan poco costoso, era entonces tan complicado y tan mal apañado que, costó mucho trabajo y que se pasasen muchos años, antes que la generalidad de los mineros sajones quisiesen adoptarlo; baste decir que en el año de 1644 no se dieron mas que 42 barrenos en todas las minas del distrito de Freiberg. Habia que hacer una porcion de operaciones; sujetar la pólvora con una barra de hierro metida dentro del agujero, y esta barra se sujetaba por el estremo esterior con un fuerte madero, que era preciso ajustar y asegurar en la roca; de modo que, la operacion de dar un barreno venia á costar un *Speciesthaler* ó sean 20 rs., siendo así que en el dia no llega tal vez á 2 rs.

La operacion de dar un barreno consta de tres partes. 1. Hacer en la roca un taladro ó ahujero cilíndrico, que es lo que se llama *abrir el barreno*. 2.ª Dentro de este taladro se introduce una cierta cantidad de pólvora; *cargar el barreno*. 3.ª Prender fuego á esta pólvora para que con la esplosion se quebrante la roca, y se dice *pegar el barreno*.

### *Abrir el barreno.*

22. Para hacer el taladro ó agujero lo primero que hay que hacer es, reconocer y escoger el punto de la roca mas apropósito para que resulte el mayor efecto posible ó, hablando en términos técnicos, para que *el barreno eche bien*; y para esto no basta solo escoger el punto donde ha de hacerse el ahujero, es preciso tambien saber la direccion que ha de llevar, para que el barreno agarre mas ó menos segun convenga.

La parte de la roca en que se ha de abrir el barreno debe estar sana, esto es, no debe tener grietas ni roturas; pero el que las haya en las inmediaciones, contribuye al mayor efec-

to. Todo esto lo manifiesta el martillo segun el sonido que produce al golpear con él sobre la roca.

Si el abujero se dirige perpendicularmente á la superficie de la roca, la pólvora encuentra demasiada resistencia y el barreno descarga por la boca; y por el contrario, si se dirige hácia una parte muy floja el efecto es cuasi nulo. Lo mejor es colocarle donde haya alguna proeminencia, y hacerlo entrar un poco oblicuamente. Por la misma razon en un fronton ó pared lisa, no puede tener buen efecto un barreno, y para conseguirlo lo que se hace es abrir con el martillo y la punterola una canal ó descalze algo profundo, para que resulte una parte débil por donde rompa la esplosion.

Si la roca es estratificada ó en lajas, la direccion del barreno debe ir cortando á estas sobre poco mas ó menos en ángulo recto, siempre que las demas circunstancias lo permitan. Si la roca tiene una testura doble, como se verifica en algunas pizarras ó esquistos, en ese caso, para el mayor efecto, debe dirigirse el barreno cortando á los planos de ambas testuras.

Estos principios que acabamos de sentar son muy útiles y deben tenerse presentes; pero, para elegir convenientemente el punto en que se ha de abrir el barreno, y la direccion que ha de llevar para que haga el mayor efecto posible, es indispensable cierta práctica y cierto tino que, no están sujetos á reglas fiijas. No por esto se ha de dejar la eleccion al operario que ha de dar el barreno, á menos que no esté él ya acreditado por su inteligencia, práctica en el arte y honradez; porque muchas veces, por no trabajar tanto, abren el barreno en puntos flojos; y luego, si hace ó no efecto les es indiferente. Lo que se acostumbra en toda mina bien ordenada es que, uno de los capataces señala el punto con yeso, cal ú otra materia colorante, y ademas dice al barrenero la direccion que ha de llevar el taladro.

En algunos establecimientos particulares de España, hay operarios que, segun dicen, tienen particular tino para marcar barrenos, y suelen ganar su jornal por solo este quehacer. Los llaman *ponedores*. Donde se consienten ponedores, quiere decir que no hay buenos capataces de mina.

Digitized by Google

23. Una vez marcado el punto en que se ha de abrir el barreno y la direccion que ha de llevar, lo primero que hace el barrenero, es *pintar* ó señalar el barreno, esto es, hacer un pequeño ahugero con la punterola y el martillo, para que en él pueda morder y agarrar la boca de la barrena, que es la herramienta con que se hace el taladro, y reducida á una barra de hierro con uno ó mas cortes en el un estremo, que se llama *la boca*, y el otro estremo plano, para recibir los golpes del martillo.

24. Muchas son las formas que se han dado y que se dan á las barrenas en diferentes paises, tanto para dentro de las minas como en la superficie. Solo haré mencion de la que me ha parecido llenar mejor su objeto, que es, sin duda ninguna, la que usan en las minas de Sajonia y de cuasi todo Alemania.

Segun sea la profundidad que se quiera dar al barreno, en la misma proporcion debe ser la longitud de la barrena, y segun sea esta se necesitarán uno, dos ó tres hombres para la operacion de abrir un barreno. El barreno de tres hombres solo se acostumbra á hacer en las canteras ó escavaciones á cielo abierto; uno de ellos maneja la barrena, y los otros dos golpean alternativamente sobre la cabeza de la barrena con grandes martillos ó mazas.

25. Para *trabajo de dos* uno de los operarios tiene asida la barrena con las dos manos, apoyándola sobre un hombro, y se coloca mirando hácia el ahugero: á cada golpe que recibe la barrena, debe hacerla girar un cuarto de círculo sobre poco mas ó menos. El segundo operario se coloca detras de su compañero, y golpea sobre la barrena con un martillo grande, cuyo mango es largo y algo flecsibie para poder voltearlo bien.

26. En *trabajo de uno*, que es el generalmente mas usado en todas partes, el operario coge la barrena con la mano izquierda, y golpea sobre ella con el martillo que tiene cogido con la derecha, y que es el mismo de que se sirve para el trabajo de punterola. Despues de cada golpe del martillo, debe hacer girar un poco la barrena para que el corte obre sobre

Digitized by Google

diferentes puntos de la roca. Si esta es muy dura, los movimientos deben ser mas pequeños, es decir, que entrarán mas número de ellos en una vuelta de la barrena, y si la roca es menos dura, los movimientos deben ser mas grandes y entrarán menos en cada vuelta. Se regulan de 8—16 movimientos en cada vuelta segun sea la dureza de la roca.

27. Para hacer con mas comodidad y con mas regularidad los movimientos dichos, sea en trabajo de uno, de dos ó de tres, es claro que la barrena debe ser cuadrada; y para que sus aristas no lastimen la mano del operario, están todas ellas cortadas ó chaflanadas. Esta es la forma de las barrenas alemanas. Con una barrena cilíndrica, por mas que digan, no se pueden dar las vueltas ni hacer los movimientos con tanta uniformidad.

La boca de la barrena termina en bisel para formar el corte, como se representa en Fig. 21. El bisel debe ser mas ancho que el grueso de la barrena, para que esta tenga holgura en el taladro que va resultando.

Para abrir el barreno se empieza con una barrena de poca longitud, y cuando el taladro tiene una profundidad tal, que la parte de la barrena que queda fuera, es poco mayor que la longitud del puño, entonces se toma otra barrena mas larga, y luego otra mas larga hasta que el taladro tiene la longitud requerida. Suelen hacerse barrenas hasta de seis longitudes diferentes, pero por lo general hasta que sean tres.

La anchura del bisel ó corte de la barrena, debe variar en razon inversa de la longitud de ella, esto es, cuanto mas larga sea la barrena, mas estrecho debe ser el corte: de este modo resulta que, el taladro va estrechando con la profundidad, y la barrena puede siempre entrar y salir con facilidad: si todos los biseles fuesen iguales, el taladro resultaría perfectamente cilíndrico, en cuyo caso es muy fácil que se atasque la barrena, ó como dicen en Almaden, *ahorcarse la barrena.*

El corte de la barrena debe ser acerado, pero no de un temple demasiado fuerte, y la cabeza debe ser dulce porque



Digitized by Google

el martillo está templado. (15.) Para abrir un barreno de dimensiones ordinarias se suelen inutilizar 4, 6, y aun hasta 12 barrenas, segun sea la calidad de la roca, lo cual dá mucho entretenimiento á los herreros en una mina de cierta actividad, y ocasiona un gasto nada despreciable.

## BARRENAS ALEMANAS.

### SAJONIA.

*Para trabajo de uno.*

| Barrenas. | Longitud. | Grueso de la barra. | Ancho del bisel. | |
|---|---|---|---|---|
| | vara. | vara. | vara. | |
| 1.ª | 0,416 | 0,018 | 0,034 | El martillo pesa de 4—5 lib. |
| 2.ª | 0,555 | id. | 0,030 | Long. del barreno 0,50 (18 pulg.) |
| 3.ª | 0,944 | id. | 0,028 | La carga de pólvora 2 ¾ onzas. |

*Para trabajo de dos.*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1.ª | 0,500 | 0,027 | 0,048 | El martillo 8 lib. |
| 2.ª | 0,666 | id. | 0,041 | Long. del barreno 0,666 (24 pulg.) |
| 3.ª | 1,166 | id. | 0,035 | Pólvora de 8—12 onzas. |

### EL HARZ.

*Para trabajo de uno.*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1.ª | 0,500 | 0,018 | 0,034 | Martillo: 6 lib. |
| 2.ª | 0,722 | id. | 0,028 | Long. del barreno 0,666 (24 pulg.) |
| 3.ª | 0,833 | id. | 0,028 | Pólvora: 3 onzas. |
| 4.ª | 0,916 | id. | 0,025 | |

Digitized by Google

*Para trabajo de dos.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1.ª | 0,833 | 0,027 | 0,050 |
| 2.ª | 1,083 | id. | 0,041 |
| 3.ª | 1,194 | id. | 0,041 |
| 4.ª | 1,361 | id. | 0,037 |

Martillo: 8 lib.
Long. del barreno 1.ª vara.
Pólvora: 6 onzas.

*Para trabajo de tres.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1.ª | 0,833 | 0,034 | 0,055 |
| 2.ª | 1,110 | id. | 0,050 |
| 3.ª | 1,388 | id. | 0,046 |

Martillo: 12 lib.
Long. del barreno 1.ª vara.
Pólvora: de 1—1½ lib.

28. Haremos un par de consideraciones sobre las dimensiones y relaciones de estas barrenas. 1.ª La caja de los criaderos del Harz es, como ya sabemos, correspondiente á la formacion de la grauwaca, y las rocas que constituyen esta formacion no son tan duras como el gneis, que es la roca mas general en Sajonia; por consiguiente, los barrenos pueden ser mas profundos en el Harz, y hacer mucho mas efecto que en Sajonia. 2.ª En Sajonia la tercera barrena para trabajo de uno pesa 2 libras 4 onzas, y la tercera barrena para trabajo de dos pesa 2 libras 12 onzas; en el Harz la cuarta barrena en trabajo de uno pesa 2 libras 2 onzas, la cuarta barrena en trabajo de dos pesa 3 libras 3 onzas, y la tercera barrena en trabajo de tres pesa 3 libras 4 onzas, es decir que, en cada uno de los diferentes trabajos, la mayor barrena pesa siempre mucho menos que el martillo correspondiente, lo cual está arreglado al principio de mecánica que hemos enunciado en el número 14.

La barrena de Almaden pesa 3 libras 8 onzas, y el martillo pesa 3 libras 5 onzas, y la longitud ordinaria del barrenos es 30 centesimas.

29. Para que la barrena produzca su efecto, es necesario que obre siempre contra una superficie dura y compacta, y pa-

ra conseguir esto, hay que estraer los destrozos de roca que van resultando, y conservar siempre el taladro lo mas limpio posible. El taladro se conservará fácilmente limpio cuando se vaya abriendo de abajo para arriba; pero si el taladro vá de arriba para abajo, como sucede la mayor parte de las veces, entonces hay que valerse de una herramienta llamada *cucharilla* para conservarlo desembarazado.

La cucharilla se reduce á una varilla de hierro de longitud proporcionada, con una *racla* ó especie de cuchara en un estremo, y con un ojal en el otro. Fig. 22. Con la racla se estraen los pedazos mas groseros, y aun el polvo; en el ojal se pone un pedazo de trapo ó papel de estraza, con el cual se acaba de limpiar y desembarazar el barreno.

30. Aunque hemos dicho que el barreno debe conservarse bien limpio, muchas veces sin embargo ayuda para el buen efecto el echar dentro un poco de agua, y se dice *trabajar con agua entera, ó trabajar con media agua*, segun que, se llena de agua todo el taladro, ó solo la mitad. Cuando con los destrozos de la roca mezclados en el agua se forma una lechada clara, entonces se saca esta fuera con el estropajo de la cucharilla, se limpia bien el ahugero, y se vuelve á echar agua.

Por supuesto que, para trabajar con agua es preciso que la direccion del barreno incline hácia abajo.

Cuando el barreno tiene agua, los golpes del martillo sobre la barrena hacen saltar gotas hácia afuera, que pueden perjudicar la vista del operario; para evitar este inconveniente, se pasa por la barrena una rondela de fieltro de sombrero, ó de esparto, de unas dos pulgadas de diámetro, y se vá corriendo de modo que, se halle siempre entre la boca del barreno y la mano izquierda del operario. Se llama la *gorguera*.

31. Antes de cargar el barreno se debe limpiar y dejar bien seco, pues de lo contrario la humedad impediría el que ardiese la pólvora. El agua que destila naturalmente la roca suele muchas veces introducirse en el barreno, y esto puede verificarse de dos modos; ó bien entrando por la boca del barreno la que viene escurriéndose por las paredes de la escavacion, ó

Digitized by Google

bien saliendo al interior del barreno la que se filtra por entre las capas y por las grietas imperceptibles de la roca. En el primer caso se hace con barro en la roca, un pequeño *cerco* ó muralla sobre la parte superior de la boca del barreno, la cual queda de este modo resguardada. En el 2.° caso se introduce un poco de arcilla humedecida, y con la atacadera (herramienta que describirémos despues) se vá restregando contra la pared del barreno hasta que se vé no hace mas agua. En Almaden tienen para este objeto una herramienta particular, muy bien entendida, y que llaman *atacadera de lodar* Fig. 23. Es cilíndrica, de hierro, y cerca de un estremo tiene un ahugero ó anillo, para por él meter un palo ó un hierro, y hacerla girar de modo que, en el interior del barreno se forma una superficie lisa y tersa, y que no dá paso al agua.

Si cuando se está abriendo el barreno se tropieza con alguna géoda ó pequeña cavidad, entonces lo que hay que hacer es, rellenarla con arcilla bien atacada, y despues de cerciorado que asi se ha verificado, se continúa el barreno atravesando la arcilla introducida.

Muchas veces no bastan estas precauciones para evitar la humedad dentro del barreno, y mucho menos si hay que abrirlo debajo del agua, por consiguiente hay que resguardar la pólvora del modo que vamos á decir.

*Cargar el barreno.*

32. Despues de abierto el barreno y arreglado en la disposicion que queda dicho, entra la segunda parte que es, introducir en el fondo una cierta cantidad de pólvora, volviendo á cegar despues lo restante del taladro, pues de lo contrario, la pólvora inflamada se desahogaría por la boca del barreno, como cuando se dispara un fusil, y no conseguiríamos nuestro objeto que es quebrantar la roca.

Los canteros suelen introducir la pólvora suelta, pero esto es imposible cuando el barreno va de abajo para arriba, y por lo tanto en minería siempre se hace un *cartucho*, proporcionado



Digitized by Google

á la cantidad de pólvora y al diámetro interior del barreno. La cantidad de pólvora que se pone en Alemania en un barreno para cada clase de trabajo, lo hemos dicho en el número 27: en Almaden, como los barrenos son mas cortos, solo se ponen 2 onzas ó poco mas.

El cartucho se hace generalmente de papel grueso; en algunas partes acostumbran á darle un baño de cola, para que tenga mas consistencia y preservar la pólvora de la humedad. Cuando se dan barrenos debajo del agua, el cartucho es un tubo de hoja de lata.

28. Mucho se ha hablado sobre aumentar el efecto de la pólvora en un barreno, mezclándola con diferentes sustancias tal como aserrin, hojas secas, &c. Lo que se consigue con estas mezclas es dejar una porcion de aire atmosférico interpuesto entre los granos de pólvora. Este aire dilatado por el calórico desenvuelto en la inflamacion de la pólvora, despliega una fuerza elástica que, reunida á la de los gases desprendidos, contribuye al mayor efecto de ellos: pero, el aire que se deja interpuesto no debe ser en gran cantidad, porque en ese caso, el calórico producido no sería suficiente para elevar repentinamente su temperatura á un grado considerable. Por lo tanto, una vez penetrados de este principio se vé que, es indiferente la clase de sustancia que se ha de mezclar con la pólvora, con tal que resulten interstícios de aire interpuestos en ella; y esta es la razon porque, para nuestro objeto, es preferible la pólvora de cañon, cuyos granos son gruesos é irregulares, y no se acomodan bien unos con otros, resultando por consiguiente muchos interstícios entre ellos.

Se puede mezclar con la pólvora una décima parte de su peso de aserrin no muy fino. Yo he conseguido por este medio en la mina de zinc de San Juan de Alcaraz, economizar cerca de la cuarta parte de la carga en cada barreno; pero es preciso advertir que, la roca alli es una caliza dolomiosa que por lo general no tiene gran dureza.

Con el mismo objeto de dejar aire interpuesto, suelen colocar en el fondo del barreno un taruguito cónico de madera,

Digitized by Google

de unas 2 centésimas de longitud. Sabido es las desgracias que ocurren entre los militares y los cazadores, por dejar dentro del cañon del fusil algo de aire entre la pólvora y la bala, lo cual ocasiona el quebrantamiento y rotura de su arma; pues ésto precisamente es lo que nosotros queremos conseguir cuando damos un barreno.

34. La pólvora en cuasi todas partes es por cuenta del barrenero, pero la recibe de la empresa á un precio convenido, el cual nunca debe ser menor que el asignado por el gobierno en sus fábricas, pues de lo contrario los barreneros hacen con ella su pequeño comercio. Por la misma razon no se les debe abonar, ó por lo menos se les debe hacer un descuento de los barrenos que no surtan buen efecto. Todo esto se evita mejor no teniendo nunca barreneros á jornal, sino es en casos muy particulares. El quebrantar con pólvora es para los trabajos á destajo.

35. En toda mina de alguna consideracion debe existir siempre un buen repuesto de pólvora, cuyo almacen debe ser un edificio aislado y algo distante de la poblacion. El almacen de pólvora debe estar provisto de un pararayos: las paredes del edificio deben ser gruesas y sólidas, y el techo flojo para que, en caso de incendio se desahogue la esplosion hácia ariba.

### *Atacar el barreno.*

36. Despues de metido el cartucho hay que cegar lo restante de la cavidad del barreno, que es lo que se llama *atácar el barreno*; pero hay que hacerlo de modo que, la pólvora encerrada quede en comunicacion con el esterior para poderla inflamar. Para esto se hace uso de una *ahuja* de metal Fig. 25, la cual se coloca en la parte superior y á todo lo largo del barreno, en cuya posicion se conserva mientras dura la operacion de atacar, cuidando solo de hacerla girar de cuando en cuando para que no se adhiera demasiado, y poderla sacar despues con facilidad.

La ahuja debe ser de una longitud proporcionada al bar-

reno que se quiere dar. Su grueso no necesita ser mas de 1.ª centésima, y debe rematar en punta afilada para luego romper con ella el cartucho: en el otro estremo tiene un ojo el cual sirve de agarradero para sacarla despues de atacado el barreno. Las ahujas se ha adoptado ya en todas partes el que sean de cobre; las de hierro son muy espuestas á desprender chispas en su roce contra algun canto de pedernal, inflamándose la pólvora antes que el operario se haya puesto en seguridad, como se ha verificado muchas veces.

37. Para rellenar el barreno se puede usar de una sustancia terrosa cualquiera, pero, para evitar todo peligro aunque remoto, de desprendimiento de chispas, lo mejor es atacar con arcilla lo mas pura posible. Con ella se hacen unos taruguitos llamados *boliches*, de 3–4 cent. de longitud y que se calcinan para quitarles toda humedad. Los boliches se van introduciendo sucesivamente y apretándolos á golpes con la atacadera.

38. La *atacadera*, Fig. 24, es una barra cilíndrica de dimensiones proporcionadas á las del barreno, y con una canaleja en la mitad de su longitud, para que en ella se adapte la ahuja que, como hemos dicho, debe permanecer dentro del barreno durante esta operacion.

### *Pegar el barreno.*

39. Despues de atacado el barreno se rompe el cartucho con la ahuja, se retira esta, y en el hueco que ella ha dejado se coloca la *mecha* para poner la pólvora en comunicacion con el esterior. Si el barreno estuviese abierto de arriba para abajo, bastaría introducir granos de pólvora hasta llenar el hueco de la ahuja; pero como esta circunstancia no se verifica siempre, y que ademas, nunca podriamos estar seguros de haber rellenado el hueco sin interrupcion, por esta razon hay que hacer uso de la mecha; la cual está reducida á un tubito de una sustancia cualquiera, y relleno con pólvora, bien sea en granos finos, bien sea haciendo una masa disolviéndola

Digitized by Google

en aguardiente ó en vinagre. Este tubo puede ser de papel, de madera, de cañones de pluma, de caña, de paja de centeno, &c.

40. En el estremo esterior de la mecha se sujeta la *pajuela*, que es un pedazo de torcida de algodon empapada en azufre. El trozo de mecha que sale fuera del barreno, se asegura á la roca enlodándola con un poco de barro.

41. En los establecimientos en que el operario que ha hecho el barreno no es el que le dá fuego, acostumbran á hincar en el barro un cucuruchito de papel blanco, que llaman *banderila*, con el objeto de que el *pegador de barrenos* pueda distinguirlos con facilidad, para darles fuego como corresponde y sin detenerse mucho en cada punto.

El barreno queda por último arreglado en la disposicion que manifiesta la Fig. 26.

42. En todas las minas suele haber una hora señalada para la pega de los barrenos. En Almaden es tres veces al dia, á las diez y media de la mañana, á las cuatro y media de la tarde, y á las diez y media de la noche. Para avisar que es la hora de la pega, dejan caer por el pozo de San Teodoro dos cuernos de macho cabrío uno despues de otro, los cuales en su caida, golpeando contra las enmaderaciones, producen un sonido suficiente para ser oido á cierta distancia; los pegadores mas inmediatos dan fuego á sus barrenos, y la esplosion de estos va avisando á los demas, de modo que, saltan todos cuasi simultáneamente. Si he de decir la verdad, no encuentro muy peregrina la idea de dar la señal con los cuernos. En Sajonia cuasi todos los barreneros tienen reloj, y á él se arreglan para hacer la pega.

En minas de una estension tan considerable como lo son la mayor parte de las de Sajonia y del Harz, no puede tener aplicacion el método de dar una señal; no se oye siquiera la esplosion de los barrenos desde unos sitios á otros, así es que allí no hay el oficio de pegadores. Cada barrenero tiene la obligacion de hacer dos barrenos en las ocho horas de su entrada, y, una y media ó dos horas antes de la remuda, pega fuego á sus barrenos, poniéndose en salvo luego que ha en-



Digitized by Google

condido la pajuela y gritando *angesteckt!* por si hay algun individuo en aquellas inmediaciones. Luego que ha oido el ruido de las dos esplosiones, vuelve al sitio, que tiene que dejar desembarazado, barrido y aseado, para que entre á trabajar el barrenero de la tanda siguiente. En España para avisar que está encendida la pajuela, se grita *Santa Bárbara!*

Si la escavacion está muy desembarazada de modo que,en las inmediaciones del barreno no hay un sitio donde poder guarecerse, en ese caso se acostumbra á construir unos malecones ó traversas que sirven de refugio á los pegadores. Pero en lo que hay que tener mucho cuidado es en no volver al sitio hasta no haber oido las esplosiones de todos los barrenos, y si acaso falta alguno, aguardar á que se haya pasado un buen rato, porque puede haber mil accidentes que retarden la esplosion de un barreno, sobre todo si la mecha ha recibido algo de humedad. En las minas de Sajonia la mayor parte de las desgracias se verifican en la pega de los barrenos.

43. Despues de cerciorarse de que ya no hay peligro, entonces se vuelve al sitio á reconocer en qué ha consistido la falta, si es que la ha habido; se remedia si es posible y se vuelve á dar fuego. En el caso de que un barreno falte tres veces, lo mas seguro y mas económico es inutilizarlo y abandonarlo.

El barreno puede no hacer su efecto de dos modos. 1.° Puede prenderse el cartucho pero descargarse por la boca sin quebrantar la roca, entonces se dice que ha dado *bocazo*. 2.° Puede arder la pajuela y la mecha, pero no prenderse el cartucho, entonces ha dado *mechazo*. En Sajonia se ha observado que de cada cien barrenos, los 76 hacen su efecto completo, 15 hacen solo la mitad del efecto, 5 dan bocazo y 4 mechazo.

44. Es muy indeterminado el efecto que hace un barreno porque, esto depende de la calidad de la roca, de la profundidad del taladro, de la cantidad de pólvora, y de otra porcion de circunstancias que no se pueden todas tener presentes. En Sajonia término medio, el barreno de trabajo de uno produce de 4—5 *Kübel* de escombros ó destrozos de roca; el de trabajo

Digitized by Google

de dos produce 6—8 *Kübel*, y el de trabajo de tres 10—12, diciéndolo en medidas españolas.

En Sajonia término medio, un barreno de
trabajo de uno produce 6—7 pies cub. de escombros=20—30 ar.
———de dos. . . 8—11. . . . . . . . . =30—40.
———de tres. . . 14—17. . . . . . . . =50—60.

### *Barrenos de flor.*

45. El barreno de flor no se usa para quebrantar la roca, es decir que no se carga con pólvora, sus dimensiones son demasiado grandes. La barrena que en ellos se emplea suele tener hasta 4 varas de longitud, y con un grueso proporcionado para que no se cimbrée; por consiguiente, para hacer el taladro no se necesita de martillo, basta el peso de la barrena, y por otra parte, ¿quién habia de manejar un martillo cuyo peso estuviera en la proporcion correspondiente con esta barrena?

El barreno de flor solo se puede usar para hacer un taladro ó bien verticalmente de arriba para abajo, ó bien horizontalmente. En el segundo caso hay que suspender la barrena con cuerdas ó con cadenas de hierro, y manejarla á modo de ariete.

Los barrenos de flor tienen por objeto el hacer reconocimientos en lo interior de la roca, y su uso es de absoluta necesidad cuando las escavaciones se dirigen á parages en que se sospecha haya depósitos de agua, ó hundimientos de trabajos antiguos. Bajo este principio acostumbran á llamar barreno de flor, á todo barreno que no se carga de pólvora y cuyas dimensiones son algo mayores que las ordinarias, aun cuando se haga uso del martillo.

### *Torrefaccion.*

46. Otro medio muy espeditivo y muy económico para quebrantar la roca, es el fuego ó la *torrefaccion*. Está reducido á hacinar contra la pared de la escavacion una porcion de

Digitized by Google

leña, pegarla fuego y dejarla arder hasta que se consuma; lo mas que suelen hacer es rociar con un poco de agua la parte de roca ya caldeada para que, el enfriamento repentino coadyuve al desquebrajamiento. La roca asi quebrantada se arranca despues facilmente bien sea con ganchos, ó con picos, ó simplemente con la pala. Pero este método tiene varios inconvenientes. 1.° Se consume mucha leña ó madera, la cual se necesita para otros objetos mas indispensables en un establecimiento minero. 2.° Se eleva considerablemente la temperatura de los subterráneos en los sitios de labor, de modo que los operarios no pueden acercarse á ellos en muchos dias. 3.° Se produce un humo que se estiende por todas las escavaciones con perjuicio de la salud de los que tienen que transitar por ellas. Por consiguiente, la torrefaccion no debe emplearse sino cuando las escavaciones son muy espaciosas y estan muy bien ventiladas, y cuando la leña está muy abundante en el establecimiento.

74. Delius, en sus §. 204 y siguientes describe bastante detalladamente esta operacion, como se verificaba en su tiempo en una mina de la Transylvania. Yo la he visto practicar en el Stockwerk de Geyer en Sajonia, muy sencillamente, como que el movimiento de aquella mina tampoco es de mucha consideracion. No hacen otra cosa que hacinar astillas, tablas viejas, y ripios de carpintería contra el sitio que quieren caldear, buscando siempre un paraje en que la roca presente desigualdades, y si la pared es lisa, haciendo algunos descalzes con la punterola: todos estos desperdicios de madera los sujetan con unos palos largos que colocan encima oblicuamente, apoyando en el suelo y en la pared de la escavacion; luego pegan fuego y lo dejan arder hasta que se consume todo el combustible. No tienen dias ni épocas señaladas para la torrefaccion; cuando esta se verifica, no vuelven á entrar en la mina hasta que deja de salir humo por la boca del pozo, que es á los cuatro ó cinco dias de haber prendido fuego.

En la célebre mina de Rammelsberg, cerca de Goslar, en el Harz, se puede decir que la torrefaccion es el único medio que se emplea para hacer escavaciones, sobre todo cuando se trata

Digitized by Google

de arrancar mineral. (*) Toda la semana la emplean en armar las hogueras y tinglados; el sábado por la tarde pegan fuego, lo dejan arder todo el domingo, y el lunes á mediodia vuelven á entrar en la mina para reconocer el efecto que ha producido, y disponer los trabajos que se han de emprender el dia siguiente.

Como que la masa del criadero de Rammelsberg está esencialmente constituida por una pirita ferruginosa cobriza y algo arsenical, con la accion del fuego se derrite ó se funde una parte del azufre y del arsénico, resultando desquebrajamientos y grandes trozos de roca conmovidos. Todos estos trozos que quedan medio desprendidos, los van dejando caer por medio de unos garfios fijos al estremo de un palo largo, y luego los van quebrantando y subdividiendo, teniendo muchas veces necesidad de darles uno ó mas barrenos para verificarlo.

Las hogueras las arman como hemos dicho hacen en Geyer, buscando siempre el parage en que la roca presente alguna desigualdad ó proeminencia para dirigir hácia ella la accion del fuego, y para que este no se ahogue y lograr mejor efecto, se arma la hoguera un poco separada de la pared que se quiere caldear, como está representado en Fig. 27. recubriéndola por la parte posterior con piedras y tierra, con el objeto de que no se desmorone facilmente, y para que la llama vaya contra la roca.

Si el punto que se trata de caldear es en el techo de la escavacion, ó cerca de él en una de sus paredes, entonces arman un tinglado, por el estilo del representado en Fig. 28, y sobre este tinglado arman la hoguera.

Para dar el fuego empiezan á verificarlo por las galerías superiores, pues de lo contrario el humo impediría el que los pegadores concluyesen su operacion.

### *Mazas ó Porras.*

48. Estas herramientas son demasiado conocidas para que nos detengamos en hacer su descripcion. Se reducen á unos

(*) Heron de Villefosse T. II. pag. 107 y 305.

martillos grandes, de 12 y mas libras de peso, con un mango largo y algo flecsible para poder voltear con mas facilidad la herramienta. Su mas útil aplicacion en minería es para quebrantar y subdividir los trozos de roca, que resultan de los barrenos y de la torrefaccion. Tambien sirven para ajustar las enmaderaciones en la fortificacion de los subterráneos.

### *Encuñar.*

49. No se me ha ocurrido otra voz mejor que dar á la operacion de hacer escavaciones, ó quebrantar la roca, por medio de la *cuña*; la palabra *acuñar* hallándose ya admitida en carpintería para cuando se ajusta ó sujeta alguna obra de este arte, con cuñas de madera.

La *cuña de quebrantar* es un prisma triangular de hierro, presentando un corte ó boca, y en la parte opuesta un asiento ó cabeza para recibir los golpes de la maza: la que usan en Almaden pesa 1 lib. 11 onzas, tiene 0,37 de longitud y su cabeza que es rectangular tiene 0,06 por 0,04. No se puede emplear sino cuando la roca presenta algunas quiebras ó rajas; ó bien cuando se trata de arrancar lajas en roca estratificada.

50. Para dicho segundo objeto prefieren sin embargo en Almaden otra herramienta llamada *picaporro*; viene á pesar unas 14 libras; su longitud sobre 40 centésimas; el grueso de su cabeza es 0,05, y el otro estremo remata en punta piramidal para que se pueda introducir con facilidad entre las lajas, y arrancarlas en trozos grandes. El picaporro tiene un mango de madera de una vara de largo, y cuyo objeto es únicamente conservarlo en la posicion requerida para recibir los golpes, por el mismo estilo que hemos dicho (16.) de la punterola alemana.

51. Tambien se trabaja con la cuña sin necesidad de que la roca esté ya agrietada, como sucede en las canteras en que se quieren obtener sillares de formas regulares y de magnitud determinada, cuya labor se hace tambien en algunas minas.

Digitized by Google

la forma de los sillares es por lo general un paralelipípedo, y la operacion se hace del modo siguiente:

Primero se labran, con la punterola ó con otra herramienta de picar, dos caras contiguas del paralelipípedo que se quiere arrancar, y despues, con la misma punterola, se abren una série de ahugeros segun las aristas que han de terminar estas caras, y á un pie ó á medio pie de distancia unos de otros, segun sea la tenacidad de la roca. En cada uno de estos ahugeros se introduce una cuña de hierro, y para que esperimenten menos rozamiento, suelen ponerlas dos plaquitas de palastro, entre las cuales resbalan mejor. Despues hay que ir golpeando sucesivamente sobre cada cuña, para que vayan haciendo su efecto lo mas simultáneamente posible. Con esta operacion se van franqueando ó abriendo las otras caras del paralelipípedo, hasta que al fin salta el sillar con mas ó menos perfeccion; porque, bien se deja conocer que ; no siempre saldrá con toda la esactitud requerida en sus dimensiones; sin embargo, este es el método mas económico de arrancar sillares.

Cuando se quiere hacer esta labor en roca no muy dura y que al mismo tiempo sea algo húmeda, lo que se hace es, servirse de cuñas de madera, poniéndolas á secar bien al fuego ántes de introducirlas. La humedad de la roca va impregnando las cuñas, y las hace por consiguiente aumentar de volúmen, y desplegar una fuerza espansiva tal que, al fin se quebranta la roca y se consigue el objeto deseado. Si la roca no es húmeda, lo que se hace es rociar frecuentemente con agua las cuñas hasta que producen su efecto.

## §. 4.° *Disolucion.*

---

52. Hemos indicado en el núm. 2 que, el método de hacer escavaciones por medio de la disolucion, es solo aplicable en casos muy especiales; efectivamente, es necesario que la roca que se trata de escavar sea soluble en el agua, esto es, que ha

de contener sustancias salinosas, pues de lo contrario el agua no hará efecto sensible sobre ella.

El método de disolucion se halla practicado en algunas minas de sal del pais de Salzburgo, y entraremos en sus detalles cuando hablemos del modo de hacer escavaciones de beneficio; por ahora nos contentaremos con indicar que, se empieza por abrir una cierta cavidad con las herramientas ordinarias. Esta cavidad se llena de agua, la cual, en su contacto con la roca, va cargándose de las sustancias solubles, y deshaciendo las terrosas que se precipitan luego en el fondo. Cuando el agua llega á saturarse de sal, se estrae fuera y se vuelve á introducir agua clara, resultando de este modo que la cavidad va siendo cada vez mayor, es decir, que se hace una escavacion.

## §. 5.º *Barrena de montaña.*

---

83. La *barrena de montaña* en lo esencial no es otra cosa que una barrena ordinaria como las de los carpinteros, solo que sus dimensiones son muchísimo mayores, y sobre todo el mango, el cual por consiguiente no puede ser de una pieza sola, sino de muchas que se van uniendo ó separando unas de otras, segun que se trata de introducir ó de estraer la barrena.

Esta barrena se emplea para hacer reconocimientos á profundidades considerables sin necesidad de practicar grandes escavaciones, ó bien para obtener aguas ascendentes ó lo que llaman *pozos artesianos*. En ambos casos la cavidad que resulta es vertical, cilindrica, de un pie de diámetro á lo sumo, y de varios cientos de pies de longitud. La operacion de barrenar suele tambien llamarse *taladrar*, *perforar*, *sondar* ó *dar un golpe de sonda*.

Su aplicacion á practicar reconocimientos mineros es una de aquellas cosas que, en teoría y en los gabinetes tienen

muchos atractivos, y parecen ser de una utilidad suma, pero luego en la práctica, aun cuando tengan alguna utilidad, no es tanta como aparecia á primera vista, como ha sucedido v. gr. con el barómetro aplicado á medir alturas, y á pronosticar las variaciones admosféricas. En un principio se recomendaba mucho el hacer reconocimientos con la barrena antes de emprender ninguna labor en un criadero; pero en el dia solo tiene aplicacion en casos y circunstancias muy particulares, y para ciertos criaderos en capas horizontales ó de muy poca inclinacion.

84. En contra ó descrédito, digámoslo así, de reconocimientos con la barrena de montaña, se pueden hacer cuatro observaciones principales, que son. 1.ª Desde que la geognosia y geología han empezado á obtener el carácter de ciencias, no se emprenden ya las labores mineras enteramente á ciegas, ni fiándose en la casualidad, como sucedía cuando conquistamos la América: en el dia nadie irá á buscar minerales metalíferos en un terreno de la época terciaria, ni depósitos de calamina dentro del granito, ni capas de ulla debajo del gneis, &c. 2.ª Como que la barrena no puede taladrar sino en línea vertical, si el criadero se presenta en esta direccion ó con una inclinacion muy fuerte, quiere decir que no se tropezará con él por mas que se barrene, ó si se tropieza será á una gran profundidad, en cuyo caso el reconocimiento sería muy costoso, que es contra los principios de buena minería. 3.ª La barrena es una herramienta que tiene de primer coste 40 y 50 mil reales, sin contar luego con el gasto de jornales de operarios, maquinista, y compostura ó reparacion de las diferentes piezas durante la perforacion; de modo que puede suceder que, con el coste del taladro hubiese suficiente para abrir tres ó cuatro pozos de la misma profundidad que él; y en caso de tropezar con el criadero, un pozo de reconocimiento puede despues servir para entrar á la mina, para ventilacion, para estraccion de minerales, ó bien para desagüe; pero un taladro de barrena no sirve despues para nada, como no sea tal vez para ventilacion. 4.ª Los trozos de roca que se estraen con la barrena, salen tan triturados y alterados que, la mayor parte de las ve-



Digitized by Google

ces no dan la menor idea del estado y naturaleza de la capa de que han sido arrancados, y por consiguiente el juicio que de ellas se forma es infundado ó erróneo, como desgraciadamente se ha verificado en la grandiosa obra del *Tunnel* ó puente subterráneo de Lóndres.

55. Para lo que tiene muy buena aplicacion la barrena de montaña, es para la perforacion de pozos artesianos, es decir, para obtener aguas ascendentes.

Segun la idea que hemos dado del arte de la minería, esta tiene por objeto, estraer del seno de la tierra sustancias útiles que tienen un valor en el comercio; bajo este punto de vista la perforacion de pozos artesianos entra en la jurisdiccion del ingeniero de minas; un pozo artesiano no es otra cosa que una *mina* abierta con el objeto de estraer agua del seno de la tierra. Pero si fuésemos á ocuparnos detalladamente de todo lo que tiene relacion con el arte del laboreo de minas, haríamos esta obra demasiado voluminosa, y demasiado costosa por consiguiente.

Nos contentaremos con indicar que, aunque el buen écsito en la perforacion de estos pozos, se halla esencialmente fundado en el conocimiento de las relaciones geognósticas de las diferentes rocas que constituyen el terreno en que se quiere perforar, sin embargo, este buen écsito depende hasta cierto punto de la casualidad. No hay duda que en cierta clase de terrenos ecsisten corrientes subterráneas de agua á todas profundidades, pero, en la superficie no hay señal ninguna, ni el menor indicio que pueda manifestarnos cual sea la direccion ó curso de estas corrientes, por consiguiente, ¿qué datos puede haber para fijar el punto donde se ha de verificar la perforacion? ninguno. Asi es que, cuando se quiere perforar en un terreno reconocido ya como á propósito para el fenómeno de la ascension del agua, lo que hacen es elegir el punto que mejor les parece, buscando siempre que haga simetría con los edificios del establecimiento que se trata de abastecer. En Dresde por egemplo, tenian una magnífica casa de postas extramuros de la ciudad, pero faltaba una fuente, y determinaron abrir un

Digitized by Google

pozo artesiano; un edificio como aquel hubiera sido lástima el que hubiera tenido la fuente en un rincon; lo que hicieron fué, perforar en el punto medio del gran patio rectangular, y efectivamente, á poco mas de 70 varas de taladro, obtuvieron un surtido abundante y cristalino, que ha acabado de completar la hermosura y la utilidad del edificio. Bajo los mismos principios se ha abierto un pozo en el gran cuartel de caballería de Tours; y por la inversa en el matadero de *Grenelle* á las puertas de París, en el cual caen diariamente bajo la cuchilla de los carniceros la cabezas de miles de reses de todas especies, ¡cuán útil hubiera sido un pozo artesiano! efectivamente lo han perforado, pero sin obtener una gota de agua, y eso que han ido á mas de 400 varas de profundidad; en otros puntos de las inmediaciones de París, en la misma clase de terreno, han tenido mejor suerte. Tambien en Alemania se ha estendido mucho la perforacion en estos últimos años, y allí, lo mismo que en todas partes, unas veces les sale bien y otras veces gastan su tiempo y su dinero en valde.

Como sucede en todos los ramos de industria, la perforacion de los pozos artesianos se perfecciona y simplifica todos los dias, tanto por lo que hace á la forma y disposicion de la punta de la barrena, como á la colocacion y calidad de los tubos del revestimiento interior. Sin embargo, se puede tomar una idea bastante esacta consultando la obra de Garnier, traducida al castellano por don Cristoval Bordiú. Madrid 1826.

Digitized by Google

# CAPITULO II.

## *FORTIFICAR LAS ESCAVACIONES.*

### § 1.° *DE LA FORTIFICACION EN GENERAL.*

56. Despues de abierta una escavacion, es preciso hacer de modo que ella se conserve practicable todo el tiempo que puedan durar las labores de aquella mina. Para conseguir esto, si la roca no es bien firme, hay necesidad de hacer ciertas obras de seguridad, ó lo que se llama *fortificacion.*

La fortificacion en un subterráneo puede ser de madera, y puede ser de mampostería; y la mampostería puede ser trabada esto es, empleando cal, mortero ú otra argamasa, y puede ser en seco. La preferencia que debe darse á cada una de estas tres clases de fortificacion, dependerá de una porcion de circunstancias locales.

57. Aunque no se puede decir de un modo absoluto, cual sea el costo de cada una de las diferentes clases de fortificacion, se puede sin embargo sentar por principio general que, el primer coste de una fortificacion de madera, es muy inferior al de la mampostería que se necesitaría emplear para el mismo objeto; pero en revancha, una fortificacion de madera tiene mucha menos duracion, y esta circunstancia, no solo compensa, sino que en la mayor parte de los casos, dá una gran ventaja á la mampostería sobre la *entivacion* ó fortificacion de madera.

Digitized by Google

Una fortificacion de mampostería bien construida, debe durar indefinidamente, ó por lo menos muchísimos años y aun siglos, como se conservan los edificios civiles en la superficie, á no ser que, á consecuencia de nuevas escavaciones en la inmediacion, ó á consecuencia de movimientos en la masa del terreno, vengan á variar la intensidad y la direccion de las presiones bajo las cuales se habia construido la dicha mampostería.

La duracion de una entivacion ó *ademacion* depende de varias circunstancias. Si la ademacion se halla en una escavacion bien seca y poco ventilada, entonces las maderas se pudren al cabo de poco tiempo, y hay que renovarlas á menudo. Si la escavacion tiene algo de humedad y al mismo tiempo una temperatura elevada, las maderas se eflorescen y crian una especie de hongos que las destruye bien pronto; pero si la escavacion está seca y corre por ella un aire fresco, en ese caso la entivacion dura mas años. La mucha humedad conserva las maderas, y sobre todo si el agua es vitrólica; en la mina de Rammelsberg duran las entivaciones muchísimos años; en Rio-tinto se pueden todavia ver, en la cañería de cementacion, algunas portadas de los romanos que estan aun en disposicion de servir otros tantos años. En la duracion de la madera influye tambien la clase del árbol, y la época del año en que se ha cortado.

88. De lo dicho se infiere que, para decidir si en una escavacion es preferible usar fortificacion de madera ó de mampostería, hay que tener presente 1.° el coste de cada una de las dos clases de fortificacion. 2.° El tiempo que dura la entivacion en aquella escavacion que se trata de fotificar. 3.° El número de años que la tal escavacion debe permanecer abierta. Por consiguiente, en una escavacion de tránsito que ha de permanecer abierta durante un tiempo indefinido, debe fortificarse siempre con mampostería; para los demas casos habrá que hacer el pequeño cálculo siguiente.

Sea $m$ el número de años que debe permanecer abierta la escavacion; $n$ el número de años al cabo de los cuales nece-

sita renovarse la entivacion; $b$ el coste de cada entivacion, y $a$ el coste de la mampostería que ha de llenar el mismo objeto. Tendremos que $\frac{m}{n}\times b$ será lo que vendrá á tener de coste la entivacion al cabo de $m$ años: con que, siempre que $\frac{m}{n}\times b$ sea mayor que $a$ deberá preferirse la mampostería, ó despejando $m$ tendremos, siempre que $m > \frac{n.a}{b}$ es preferible la mampostería, y cuando $m < \frac{n.a}{b}$ entonces se debe poner entivacion.

Estos datos, como hemos dicho, varian mucho segun una porcion de circunstancias locales, y que la mayor parte de ellas no podrán apreciarse sino por los resultados que dé la esperiencia; asi es que, en el principio de las labores de una mina, el problema queda hasta cierto punto indeterminado, escepto en el caso de que $m$ sea muy grande. Las cantidades $a$ y $b$ nunca se pueden conocer bien, mientras no se hayan ejecutado algunas obras en aquella localidad; y el número $n$ solo se puede obtener por la esperiencia, en cada escavacion de una misma mina, ó en diferentes escavaciones que se hallen bajo las mismas circunstancias de ventilacion y de estado higrométrico.

Por las observaciones hechas en el distrito de Freiberg, viene á resultar que, término medio, en aquellas minas es preciso renovar la entivacion cada tres años, y como por otra parte el coste de la mampostería es allí tres veces mayor que el de la entivacion; tendremos $n=3$, $a=3b$, y por consiguiente, siempre que una escavacion haya de permanecer abierta mas de $\frac{n.a}{b}=9$ años, debe fortificarse con mampostería. Haciendo una bóveda elíptica completamente cerrada, como está construida en algunos caños de desagüe, en ese caso resulta $\frac{n.a}{b}=56\frac{1}{4}$ años. En el distrito de Marienberg, tambien en Sajonia, para fortificacion en galerías ordinarias viene á ser

$\frac{n.a}{b}=12$ años. Siento no poder presentar un cálculo semejante sobre ninguna mina de España.

59. Luego entra la comparacion entre la mampostería seca y la trabada. A primera vista parece que, siempre que una fortificacion pueda hacerse con mampostería seca, debe preferirse á la trabada, porque resulta la economía de la cal ó mortero, y que la piedra es la misma para ambos casos; sin embargo, esta ventaja es solo aparente como lo ha demostrado la esperiencia. En la mampostería trabada se aprovechan todas las piedras como salen de la cantera, acomodándolas unas con otras segun sus formas y tamaños, y uniéndolas con la argamasa, de modo que se construye muy apriesa. En la mampostería seca por el contrario, hay que ir labrando y arreglando cada pieza, para que ajusten y se acomoden bien unas sobre otras; el trabajo por consiguiente cunde poco, y se gasta mucho en jornales; resultando que este esceso de mano de obra, importa mas que el valor ó coste del mortero, y nunca una obra hecha con mampostería seca, puede quedar tan sólida como con la trabada. En las minas de Sajonia y particularmente en las del distrito de Freiberg, se usaba mucho la mampostería seca, pero hace pocos años la han abandonado enteramente.

La mampostería seca será ventajosa cuando se tenga en las inmediaciones de la mina una roca que se desprenda en lajas con facilidad, y que al mismo tiempo sea ella bastante consistente, como se verifica en cierta clase de pizarras, cual es por égemplo la de Rio-tinto. Esta mampostería tiene sobre todo muy buena aplicacion para la construccion de los alpendes ó terrenos de las boca-minas, porque allí solo se trata de contener los escombros, y á la pared que se forma con este objeto, se le puede dar todo el talud ó inclinacion que se quiera.

60. La fábrica de ladrillo es una obra demasiado lujosa para emplearla en la fortificacion de escavaciones subterráneas, y por consiguiente solo debe usarse en casos muy escepcionales, y cuando la roca en que está encajado el criadero no se presta absolutamente al servicio de la mampostería. En Alma-

Digitized by Google

den hacen mucho uso del ladrillo para los arcos de bóveda, pero cuando pueden obtener la pizarra cuarzosa que se encuentra en algunos de aquellos cerros, la dan siempre la preferencia.

## §. 2.º *Entivacion.*

61. Para la entivacion ó ademacion se puede usar si se quiere cualquiera clase de madera; pero la preferible, y la que generalmente se usa en todas partes, es la de pino, y algunas veces la encina. La ventaja del pino sobre los demas árboles consiste en que, en razon de su estructura recta y uniforme, se puede emplear, y se emplean efectivamente sus troncos sin labrar, y aun con la corteza; de modo que, por una parte se economiza en mano de obra, y por otra parte se aprovecha toda la resistencia que tiene la madera, puesto que no se destrozan ni separan ninguna de sus fibras. Otra de las ventajas del pino es que, como la naturaleza nos ofrece tanta diversidad de especies de esta planta, las hay que son á propósito para vegetar en cada latitud, en cada clima y en cada clase de terreno; circunstancias que no tiene ningun otro género de árbol de los que se emplean para madera de construccion. Ademas, el pino crece con bastante rapidez, término medio, á los 20 años ha llegado ya á su completo desarrollo, y necesita poca estension de terreno; lo mas 1 $\frac{1}{2}$ vara de distancia de una planta á otra.

62. La encina tiene una madera mucho mas fuerte que la del pino, pero, en razon de sus formas tortuosas, no puede emplearse sin labrar en las obras de fortificacion; de donde resulta que sus fibras están cortadas é interrumpidas, y no presentan toda la resistencia de que efectivamente están dotadas. Por otra parte, la encina tarda muchos años en llegar á su completa robustez, y necesita una estension de 3 á 4 varas de rádio para vivir con lozanía.

Digitized by Google

93 Por todas las razones dichas, en la fortificacion de una mina bien administrada, no se emplea otra madera mas que la de pino: la de encina tiene mejor aplicacion para ciertas piezas de las máquinas, y acaso como combustible en el estado de carbon, para algunas operaciones metalúrgicas. Creo por consiguiente no aventurar nada sentando la siguiente proposicion. *No se puede beneficiar con economía ningun criadero, sin que ecsista en sus inmediaciones un pinar bien cultivado.*

94. De aqui se infiere lo íntimamente unida que se halla la ciencia *del cultivo de bosques* con la del minero; asi es que en el Harz ambas clases de ingenieros forman hasta cierto punto una misma corporacion, estudian en una misma academia, y tienen un gefe comun. En el Salzburgo el consejo de minas se compone de tres individuos, de los cuales, el uno tiene bajo su inmediata inspeccion las minas metalíferas, el otro las salinas y el tercero los bosques; pero las resoluciones y disposiciones las dan los tres mancomunadamente.

En España no se tiene la menor idea del cultivo de bosques, es una ciencia que ni siquiera tiene nombre en castellano. Los que mas han avanzado creen que basta sembrar los árboles, y luego poner uno ó mas guardas para impedir que entre el ganado, y que nadie haga cortas sin una real órden; pero nadie piensa en labrar el terreno, en podar las plantas, en hacer limpias, ni en reemplazar las faltas. ¿Se le ocurriría á nadie el cultivar de este modo las lechugas, los perales, ni los olivos? Pues los pinos y las encinas son unas plantas como otra cualquiera que, con el cuidado y el esmero del hombre, se hacen mas robustas y mas lozanas que pueden llegar nunca á serlo en el estado silvestre ó creciendo espontáneamente. Nuestro Herrera en su tratado de agricultura publicado por primera vez en 1513, hablando de los pinos dice, *son árboles monteses que por la mayor parte nacen y se crian sin cuidado de las gentes.* Yo creo que desde Herrera acá muy poco ó nada hemos adelantado sobre el cultivo de bosques, y sino ahí



Digitized by Google

están esos pinares de Castilla, inclusos los de la Granja, que no me dejarán mentir. (*)

Se puede recomendar la lectura del *Manuel du cultivateur forestier* por M. Boitard. París 1834; pero teniendo presente que, el interés de un cultivador de bosques en general, no es el mismo que el de un minero, y por lo tanto hay que modificar alguna de las proposiciones y máximas de dicho Boitard. Para un cultivador de bosques es indiferente la clase de plantas que en ellos ha de cultivar, con tal que saque el mayor rédito posible al capital empleado en un terreno dado. El minero por el contrario, necesita anualmente tanto número de palos de pino para sus entivaciones, tantas encinas para sus máquinas, tanto carbon y tanta leña para sus fundiciones; por consiguiente, debe procurarse el terreno necesario para cultivar, lo mas económicamente posible, el número y clase de plantas que han de satisfacer sus necesidades; y todo esto con la debida prevision y anticipacion, teniendo en cuenta los años que tarda en crecer cada planta.

### *Resistencia de maderas.*

66. En la arquitectura civil se puede calcular con toda ecsactitud la intensidad de las presiones egercidas sobre tal ó cual parte del edificio por el total de la masa que le está sobrepuesta, y la direccion en que actúan estas presiones: no sucede lo mismo en las labores subterráneas. Una escavacion puede estar resentida; sus paredes pueden indicar flogedad que tenga por consecuencia un hundimiento; pero, á qué distancia en lo interior de la roca se estiende esta flogedad, no es facil calcularlo la mayor parte de las veces. Por consiguiente, no sabiendo cual es el volúmen del trozo de roca desprendido ó desunido, no podremos saber tampoco cuanto es el peso que tienen que sostener las obras de fortificacion que empleemos

(*) Unica escepcion de lo dicho es D. Francisco Elorza, capitan de artillería y director de las fundiciones de hierro del Pedroso. Su primer cuidado ha sido plantar y cultivar los bosques necesarios para la marcha de aquel establecimiento. Solo de pinos ha traido de Inglaterra 15000 plantones y 30 libras de semilla.

Digitized by Google

para conservar abierta la escavacion; y lo peor es que, algunas veces tampoco es facil conocer la direccion en que obra aquella presion, porque no sabemos la forma ni la magnitud de los trozos de roca desprendidos, ni la trabazon ó dependencia que pueden tener unos con otros. Por lo tanto, el dar reglas generales sobre este particular, es querer aparentar que se sabe una cosa de suyo inaveriguable: no hay otro medio sino atenerse á la esperiencia, ella sola nos podrá decir si en tal ó cual localidad subterránea, es suficiente un palo de una décima de grueso v. g., ó si es necesario que tenga 0,5 de diámetro para sostener las presiones ecsistentes.

Sin embargo de lo dicho, como, sea priori ó sea por la esperiencia, venimos á conocer la direccion y, hasta cierto punto la intensidad de las presiones, nos será de la mayor utilidad el averiguar la resistencia relativa de las maderas; no solo si una clase de madera resiste mas que otra, sino en qué sentido resiste mejor cada una de ellas, para colocar los palos del modo mas ventajoso. Estos datos y estas relaciones solo los podemos sacar de la esperiencia, y como sean de tanta utilidad en la arquitectura civil, ha habido muchos ingenieros y aun naturalistas que se han ocupado de hacer esperimentos, los cuales, si bien no han dado todavía resultados completamente satisfactorios, dan sin embargo mucha luz, y sirven de mucho ausilio para nuestro objeto en el arte del laboreo de minas. *Bufon*, *Mariotte*, *Bellidor*, *Duhamel*, *Muessembroeck* y otros muchos sabios distinguidos, han aplicado sus desvelos á esta clase de investigaciones.

66. Un palo ó trozo de madera puede ser roto, y por consiguiente oponer una resistencia, de tres modos diferentes. 1.° estando sostenidos sus dos estremos, y recibiendo la presion en una direccion perpendicular á su longitud; 2.° estando sostenido el un estremo, y recibiendo la presion por el otro estremo en el sentido mismo de su longitud; 3.° estando suspendido verticalmente por el un estremo, y cargando el peso sobre el estremo inferior. La fuerza ó por mejor decir, el peso necesario para romper un trozo de madera en cada uno de estos tres

Digitized by Google

casos es á lo que se llama la *resistencia de la madera*. En el primer caso diremos *resistencia lateral*; en el segundo *resistencia longitudinal*, y en el tercero *resistencia absoluta* ó *adherencia de las fibras*.

Con solo las definiciones dadas se concibe que debe ser muy sencillo el hacer estos esperimentos; en donde únicamente estriba la dificultad es en hacerlos exactamente comparables unos con otros, porque para esto es necesario no solo que todos los palos sean de unas mismas dimensiones, sino que todos ellos se hallen en unas mismas circunstancias, es decir, que estén igualmente sanos, igualmente secos ó verdes, y que se hayan cortado de una misma parte relativa del tronco y en una misma época del año. A no haber tenido presentes todas estas circunstancias, debe atribuirse la discordancia en el resultado de los esperimentos hechos por diferentes autores, todos ellos acreditados por la buena fé de sus escritos y por su exactitud en la observacion de los fenómenos.

No nos detendremos en el modo de hacer los esperimentos, porque esto pertenece mas bien á un tratado de construccion, y pasaremos á presentar los resultados de los hechos por algunos autores, y el modo de aplicarlos en la práctica.

67. La resistencia lateral de un palo apoyado sobre sus dos estremos está en razon directa de su anchura, en razon directa del cuadrado de su altura ó grueso, y en razon inversa de su longitud, lo cual se puede representar por la espresion $P=\frac{l.h.^2}{L}\times a$, siendo $P$ el peso necesario para romper el palo, $L$ su longitud, $l$ su anchura, $h$ su altura y $a$ un coeficiente constante, obtenido por la esperiencia para cada clase de madera. Para otro palo de madera y dimensiones diferentes, tendremos $P'=\frac{l.'h'^2}{L'}\times a'$, y comparando ambas espresiones.

$$P:P'=\frac{l.h^2}{L}\times a:\frac{l'.h'^2}{L'}\times a'.\text{(A)}$$

De esta ecuacion se puede despejar una cualquiera de las diez cantidades en valor de las nueve restantes, las cuales

Digitized by Google

pueden ser ellas conocidas, ó bien solo sus relaciones, y esto bastará para tener el valor de la otra.

Si tomamos palos de diferentes clases de maderas, todos ellos de unas mismas dimensiones, y observamos el peso que es necesario para romper lateralmente cada uno de ellos, tendremos la relacion de todos los coeficientes $\alpha$ entre sí, y si tomamos por unidad la resistencia de una madera cualquiera, de la encina, v g., las resistencias de las demas maderas se espresarán del mismo modo que las gravedades específicas de los cuerpos, que se refieren siempre á la del agua.

Si despejamos P′ en la ecuacion (A), tendremos

$$P' = P \times \frac{l'.h'^2}{L'} \times \frac{L}{l.h_2} \times \frac{\alpha'}{\alpha},$$

y si suponemos dos palos de una misma clase de madera, de un mismo grueso en sus dos dimensiones, pero de diferentes longitudes, esta ecuacion se reducirá á

$$P' = P \times \frac{L}{L'};$$

es decir, que los pesos necesarios para romperlos lateralmente estarán en razon inversa de sus longitudes. Sin embargo, ya Bufon encontró que este resultado no es exacto en la práctica, porque en un palo de longitud doble, por ejemplo, que otro de la misma madera, su resistencia es menos de la mitad de la de este.

68. Para medir la resistencia longitudinal de un palo, se le coloca en posicion vertical, y se van cargando pesos sobre el estremo superior hasta que se rompe el palo.

Para que un palo pueda oponer alguna resistencia longitudinal, es menester que no sea muy delgado, es decir que, si su longitud es mayor que diez veces su grueso, en ese caso se plega ó encorva antes de romperse, á menos que no se halle empotrado en la obra de mampostería, como sucede en los edificios civiles de construccion ordinaria. Un palo cuya longitud sea igual á cien veces su grueso, no se halla en el caso de sostener la menor carga sin plegarse.

69. Algunos autores han contado por resistencia longitudi-

Digitized by Google

nal el peso ó carga necesaria para hacer plegar ó doblar un palo, al paso que otros miden esta resistencia por el peso necesario para verificar la rotura, y de aquí los diferentes resultados presentados por unos y por otros, y que al parecer indican contradiccion. Haciendo los esperimentos bajo el primer método resulta que, la resistencia longitudinal de la encina es mayor que la del pino, y haciéndolos por el segundo método es el resultado contrario: nosotros nos atendremos al segundo caso, porque, un palo de pino estando doblado puede todavía sostener durante algun tiempo nuestras escavaciones, y que un palo de encina, en sintiéndose ó quebrantándose, ya no nos sirve para nada.

M. Rondelet ha reconocido por repetidos esperimentos que, cuando una pieza de encina es bastante corta para no doblegarse, la fuerza necesaria para comprimirla ó que cedan sus fibras, es de 40—48 lib. fr. por línea francesa cuadrada en la superficie de la base ó seccion transversal del palo, siendo asi que para el pino son necesarias de 50—56 lib. para hacer el mismo efecto; y sienta por principio, tomando un término medio, que la resistencia longitudinal de la encina, es de 44 lib. por línea cuad. en su seccion transversal, y la del pino 52 lib.

70. Representando por $a^2$ la seccion transversal de un palo, por L su longitud, y por P el peso necesario para romperlo longitudinalmente, parece que debiamos tener $P=\frac{a^2}{L}\alpha$, siendo $\alpha$ un coeficiente constante para cada clase de madera; es decir que, la resistencia longitudinal de un palo estaria en razon directa de la seccion transversal, é inversa de su longitud; pero no es este el caso, y se ha visto por esperiencia que, si en un prisma de madera cuya altura es 1, la resistencia longitudinal es 1, en otro prisma de igual base y cuya altura es 12. . . . $\frac{5}{6}$

| | | |
|---|---|---|
| ——— | 24. . . . | $\frac{1}{2}$ |
| ——— | 36. . . . | $\frac{1}{3}$ |
| ——— | 48. . . . | $\frac{1}{6}$ |
| ——— | 60. . . . | $\frac{1}{12}$ |
| ——— | 72. . . . | $\frac{1}{24}$ |

Digitized by Google

lo cual manifiesta que la resistencia longitudinal de un palo no disminuye en la misma proporcion que aumenta su longitud.

En el número anterior hemos dicho que la resistencia de la encina es 44 lib. por línea cuadrada; luego un palo de encina cuya seccion transversal sea una pulgada cuadrada, necesitará un peso de 144×44=6336 lib. para romperse; y si dicha superficie es un pié cuadrado, la resistencia longitudinal del palo será 144×144×44=912384 lib. Si el palo es de pino tendremos que, en el primer caso su resistencia longitudinal será 144×52=7488 lib., y en el segundo caso 144×144×52=1078272 lib., y ambas clases de palos conservarán estas resistencias miéntras que sus longitudes no lleguen á ser doce veces el grueso respectivo. Sin embargo de esto, en la práctica no se acostumbra á cargar un palo sino con la décima parte del peso que necesita para romperse, cuya regla es estensiva á las tres clases de resistencia.

71. Sobre la resistencia absoluta ó adherencia de las fibras, no conozco mas esperimentos que los de Mussembroeck y de Rondelet, y sus resultados no estan enteramente acordes. El segundo ha encontrado por término medio de muchos esperimentos, que la resistencia absoluta de la encina es de 102 lib. por línea francesa cuadrada en su seccion transversal, y que esta clase de resistencia es enteramente independiente de la longitud del palo.

72. La siguiente tabla sacada de Rondelet es de la mayor utilidad para saber qué clase de madera, entre las que tengamos á nuestra disposicion, debemos preferir segun sea el modo como la vamos á colocar.

Digitized by Google

*Resistencias relativas de algunas clases de maderas, comparadas con sus gravedades especificas.*

| *Clase de madera.* | Gravedad especifica. | Resit. lateral. | Resisten. longitud. | Resisten. absoluta. |
|---|---|---|---|---|
| Evano de los Alpes. | 1,054 | 1155 | 1062 | 2321 |
| Encina. | 0,905 | 1000 | 807 | 1821 |
| Acacia falsa. | 0,791 | 1305 | 1120 | 1791 |
| Fresno. | 0,787 | 1072 | 1112 | 1800 |
| Ciruelo. | 0,761 | 950 | 843 | 1770 |
| Olmo. | 0,738 | 1077 | 1075 | 1980 |
| Manzano. | 0,735 | 976 | 903 | 1187 |
| Haya. | 0,720 | 1032 | 986 | 2480 |
| Peral. | 0,715 | 850 | 816 | 1680 |
| Plátano de occidente. | 0,704 | 853 | 941 | 1031 |
| Castaño. | 0,685 | 957 | 950 | 4944 |
| Nogal. | 0,680 | 900 | 753 | 1120 |
| Acacia de tres espinas. | 0,676 | 780 | 1228 | 1560 |
| Tilo. | 0,564 | 750 | 717 | 1407 |
| Pino comun. | 0,542 | 918 | 851 | 1250 |
| Sauce. | 0,462 | 850 | 807 | 1880 |

Del exámen de esta tabla resultan dos consecuencias muy importantes para la práctica : 1.ª La madera mas pesada no es siempre la que presenta mas resistencia , como se cree vulgarmente. 2.ª La madera que resiste mas en uno de los tres sentidos , tal vez resiste menos en los otros dos.

*Parte técnica de la entivacion.*

73. La tecnologia en las artes es uno de los fundamentos mas indispensables para que ellas puedan prosperar y progre-

Digitized by Google

sar; tal vez los alemanes dan demasiado valor á esta parte material, descuidando algunas veces la parte científica, es decir que hay algunos alemanes que cuando examinan una máquina por primera vez, se ocupan mas en dar nombre á cada una de las piezas de que se compone, que en examinar si la máquina llena bien el objeto á que está destinada y si funciona como corresponde. Pero no hay duda que cuando tratemos de esplicar cualquiera operacion artística, lo primero que hay que hacer es fijar la nomenclatura de los diferentes objetos de que vamos á tratar; de lo contrario no nos entenderiamos. En un pais en que no se escribe sobre artes, no existe ni hay necesidad de una tegnología, asi es que en España en cada establecimiento minero hay una nomenclatura diferente; pero es indispensable fijarla y uniformarla para que nos entendamos unos á otros, y esto es lo que voy á ensayar ahora con respecto á la entivacion.

La entivacion puede ser *permanente* y puede ser *provisional.* En cuanto á la primera basta su nombre para comprender su objeto; por lo que hace á la segunda, se emplea cuando hay que sostener provisionalmente las paredes de una escavacion mientras se construye una entivacion permanente, ó bien se fortifica de mampostería. Si se deja la entivacion provisional embutida en la posterior fortificacion sin sacar ni aprovechar el maderamen empleado, entonces se dice *entivacion perdida.* Lo que es la nomenclatura de las diferentes piezas y herramientas empleadas es la misma para los tres casos.

74. Los operarios que se ocupan en la entivacion se llaman *entivadores.* Como que ellos igualmente que los albañiles de mina son, digámoslo asi, el plantel donde han de formarse los capataces, se les debe exigir el que sepan leer, escribir, aritmética y algo de geometría. Ademas de las herramientas de su oficio deben saber manejar la punterola y el martillo, y aun dar un barreno en caso de necesidad. Los entivadores deben ser hombres fuertes é intrépidos, porque como su oficio es asegurar ó apuntalar los parages que pueden amenazar ruina, claro está que en muchas ocasiones se verán espuestos á grandes peligros. Cuando se verifica un hundimiento ó una



Digitized by Google

inundacion, ó bien hay que entrar en labores antiguas abandonadas, los entivadores van siempre delante haciendo los reconocimientos y preparando el camino á los demas; son como las compañías de preferencia en un regimiento, y por la misma razon en todas partes se les paga un real ó dos de jornal mas que á los barreneros y picadores. Los entivadores trabajan por lo general en cuadrillas de 6–8 hombres cuando menos.

*Herramientas y útiles de los entivadores.*

Hacha.
Martillo ordinario.
Maza ó martillo grande.
Sierra.
Petipié.
Semicírculo.
Nivel de carpintero.
Compas de id.
Aplomada.
Una cuerda ó bramante.

75. El hacha es la principal herramienta de un entivador, es increible el partido que sacan de ella los de Almaden; les sirve de hacha, de azuela, de sierra, de garlopa y de martillo; con solo esta herramienta, una cuerda, y un canto para aplomadas, son capaces de hacer cualquiera obra de entivacion por delicada y dificil que sea.

La forma del hacha varía en cada pais. La de Sajonia está representada en fig. 29, y la de Almaden en fig. 30; pero el hacha del entivador tiene siempre una entrada ó ranura *a*, que sirve como de pié de cabra para arrancar clavos.

Las demas herramientas y útiles del entivador no necesitan esplicacion.

76. La madera con que se arma una entivacion puede emplearse en palos mas ó menos gruesos y mas ó menos largos que se comprenden todos ellos bajo la voz genérica de *adémes*,

Digitized by Google

y la madera se emplea tambien en tablas ó planchas de diferentes dimensiones.

Las adémas siendo de pino pueden usarse sin labrar, conservando su forma cilíndrica, y tambien su corteza; pero en algunas ocasiones, sea la que quiera la madera, habrá necesidad de labrar las adémas, y la labra puede ser á una, á dos, á tres y á cuatro caras, tendiendo siempre á dar la forma prismática cuadrangular, aun cuando no sea perfecta. Se dice *media labra* cuando las caras estan solo un poco marcadas, quedando los ángulos ó aristas del prisma con las irregularidades que presenta la madera.

77. Una adéma se puede colocar de diferentes modos, y en cada caso recibe un nombre distiuto, siendo en esta parte donde tal vez se halla mas confusa la nomenclatura, y por lo tanto hay necesidad de fijarla y aclararla.

A mí me parece que el mejor modo de clasificar las adémas será segun la clase de resistencia (núm. 68) que se ponga en accion, por consiguiente las dividiremos en tres clases: 1.ª Si la adéma se coloca de modo que oponga á las presiones su resistencia longitudinal, la llamaremos en general un *estemple*; pero si este es de poca longitud diremos un *estemplillo*, y si está en posicion vertical será lo que llaman un *peon* ó un *pié derecho*, aunque este último nombre debe reservarse mas bien para la mampostería, como veremos. 2.ª Cuando una adéma está colocada de modo que oponga á las presiones subterráneas su resistencia lateral, entonces se le dará el nombre de *puente*, que es independiente de su posicion, porque una adéma puede desplegar su resistencia lateral, no solo estando colocada horizontalmente, sino tambien en posicion inclinada y aun en la vertical, como sucede la mayor parte de las veces en la entivacion de las galerías. 3.ª Si para resistir á las presiones se saca partido de la adherencia de las fibras, ó sea la resistencia absoluta de la madera, en ese caso conservaremos el nombre de *pendolon*, usado en la arquitectura civil. 4.ª Todavía podemos añadir una cuarta clase de adémas; que es cuando se colocan de modo que sufren ó resisten en el sen-

tido longitudinal y en el lateral al mismo tiempo, caso que se vé frecuentemente en los subterráneos. Como no sé de nadie que se haya ocupado en estos detalles, no conozco ninguna voz para esta clase de adémas, y por lo tanto mientras no haya otro que las bautize mejor, las llamaremos *estemples adintelados*, porque en realidad vienen á resistir del mismo modo que un arco de este nombre.

### *Colocacion de un estemple.*

78. Es claro que si un estemple ha de resistir en el sentido longitudinal, es necesario que, sus dos bases presenten una superficie plana, que sean paralelas entre sí, y al mismo tiempo perpendiculares á la longitud del estemple, porque de lo contrario las presiones le harían salirse de su lugar. Cuando un estemple se halla en posicion inclinada, la base que queda mas baja se llama *la culata*, y la que está mas alta *la cabeza*.

Para colocar un estemple, lo primero que hay que hacer es, determinar el parage y la posicion en que ha de ser colocado. Su posicion debe ser tal que, la longitud del estemple venga en la misma direccion en que se ejerce la presion; pero esta no es facil conocerla siempre. Si la roca que flojea es estratificada, el estemple debe colocarse perpendicularmente á la superficie de las lajas ó estrátos; pero si la roca es en masa, en ese caso solo la práctica de saber apreciar las circunstancias particulares, podrá decidir cual sea la direccion de la presion. Una vez determinado el parage y posicion del estemple, entra hacer en la roca los asientos en que han de ajustar las dos bases del estemple. El asiento para la culata se llama *huida*, y el de la cabeza *cabezeadero*: ambos asientos deben presentar superficies bien planas y paralela la una á la otra, cuya circunstancia se rectifica por medio de la cuerda.

En seguida se escoje la adéma del grueso correspondiente á las presiones que hay que resistir, y se labran las dos bases paralelas, pero de modo que resulte el estemple de una longitud un poquito mayor que la necesaria, para que entre forza-

Digitized by Google

do y quede mas asegurado. Primero se pone la culata en su lugar, y luego se vá obligando á que la cabeza tome el suyo á fuerza de golpes de maza; por esta razon la huida no necesita ser mayor que la superficie que presenta la culata; pero el cabezeadero ha de prolongarse hácia la parte por donde ha de entrar en él la cabeza, pues de otro modo seria imposible verificarlo.

79. Para abrir ó formar los asientos del estemple, hay que escoger puntos en que la roca esté sana y bien firme, cuya circunstancia no puede conciliarse todas las veces. Si la roca no es muy dura, ó no está muy sana para en ella apoyar el estemple, entonces se pone una tabla ó bien una adéma que sirve como de *zapata*; lo regular es poner una adema corta labrada á dos caras opuestas, que recibe el nombre de *galápago* cuando apoya en ella la cabeza de un estemple, pero si apoyan las de dos ó tres, entonces se dice *bantrote* ó *baltrote*; y cuando sirve para apoyar la culata se llama *marranillo*.

En la Fig. 31 está representado un estemple; la parte *a* es la culata, *b* es el cabezeadero, *cc* un marranillo y *dd* un galápago. La adéma *ab* en Fig. 32 es un bantrote.

Cuando la roca es bastante sólida para formar en ella los asientos, el estemple debe entrar bien ajustado y á fuerza de maza como hemos dicho; pero si el estemple se ha labrado demasiado corto, y no hay proporcion de tener á la mano otro de la longitud necesaria, en ese caso se suele poner un galápago aun cuando en realidad no haya necesidad de él; ó bien se meten cuñas de madera, que es lo que se llama asegurar un palo de *remendado*. Esta es siempre una mala labor, como el nombre mismo lo dice.

### *Colocacion de un puente.*

80. La colocacion de un puente como que solo ha de resistir en el sentido lateral, es mucho mas sencillo de egecutar; no hay mas que abrir dos entradas en la roca, para que en ellas apoyen los dos estremos del puente en una longitud de 16 á 20

Digitized by Google

centésimas de vara. Si la roca no es bastante firme para sostener el puente, habrá que colocar otras adémas que sirvan de punto de apoyo á sus dos estremos, como esplicaremos cuando tratemos de los ajustes de las adémas.

### *Colocacion de un estemple adintelado.*

31. Esta es ya una operacion mas delicada, y ella prueba que el entivador sabe su obligacion cuando no hay necesidad de *remendarla*. Hasta cierto punto es la misma marcha que para la colocacion de un estemple ordinario, pero hay una diferencia esencial y es que, en un estemple adintelado las bases no deben labrarse paralelas la una á la otra, sino divergentes hácia la parte de donde viene la presion, como está representado en Fig. 33.

Esta inclinacion de las bases del estemple deben tenerla igualmente, y ser esactamente la misma, la superficie de los dos asientos en que ellas han de encajonar, por consiguiente hay que labrar con la punterola y el martillo dichas dos superficies, cuidando de que queden divergentes en el sentido de la presion lateral, pero paralelas en la otra dimension perpendicular á esta, es decir que, las dos superficies vengan á formar parte de dos caras opuestas de una pirámide rectangular. La inclinacion que se debe dar á los asientos y por consiguiente á las bases del estemple, depende de la relacion que haya entre la presion lateral y la presion longitudinal que él ha de resistir; si la presion lateral prepondera sobre la longitudinal, el ángulo *bac* debe ser mayor que el ángulo *bca*, y en el caso contrario á la inversa. Cuando es un estemple ordinario, entonces el ángulo $bac=o$; y para un puente, $bac=90.°$ Pero cuánto haya de ser esactamente el valor de este ángulo para cada caso particular de un estemple adintelado, solo puede darlo la práctica, porque en los subterráneos, como ya hemos dicho (25.), no se puede calcular á priori cuál sea la intensidad de las presiones.

Para despues arreglar las dos bases del estemple á la in-

clinacion que se ha dado á los asientos, necesita el entivador hacer uso de su semicírculo graduado, y de la cuerda; con ella sola se suelen componer los de Almaden, pero no se puede recomendar este método, porque siempre es espuesto á errores, y á tener luego que remendar.

82. Tambien acostumbran algunos á no dar inclinacion á la culata, sino solo á la cabeza del estemple, y entonces tienen que dejar en la huida un pequeño reborde para que no se escurra el palo. Un estemple adintelado bien colocado, debe ajustarse y comprimirse de por sí en virtud de la accion combinada de ambas presiones, del mismo modo que un arco de bóveda; y por esta razon tienen para este objeto muy buena aplicacion los palos de encina aun cuando sean algo tortuosos, porque en ese caso se colocan de modo que, la parte convecsa se oponga en la direccion de donde viene la resistencia lateral.

## *Diferentes clases de adémas.*

83. Una série de puentes ó de estemples adintelados colocados de modo que todos ellos vengan á formar una superficie plana, se llama una *camada*; y si es una série de peones, se dice una *línea de peones*. Pero, cuando hay que sostener tierras, sea para formar pisos ó para contener revenimientos, no es siempre suficiente ni tampoco económico la colocacion de una série de adémas, y es necesario poner otras atravesadas sobre estas, resultando un *encostillado* si las adémas principales están verticales ó prócsimamente verticales, y lo que se llama una *encamacion* si las adémas principales están en una posicion horizontal ó poco inclinada.

84. Tanto la encamacion como el encostillado pueden armarse con planchas ó tablas con *rollizos*, con *latones*; con *rachas*, con *ramas*, &c. y de aqui los nombres de *emplanchado*, *enrollizado* *enlatonado*, *enrachado*, *enramado* &c.

Se llaman *rollizos* á los palos de pino sin labrar, ó cuando mas, descortezados; *latones*, son los troncos de las ramas subalternas de la encina, roble ú otra clase de árboles, y que por-

consiguiente son delgadas y tortuosas, y no sirven para adémas principales; *rachas*, son astillas grandes, ó mas bien latones partidos en dos ó tres pedazos segun su longitud.

85. En la fortificacion subterránea se emplean tambien otras adémas que, en general llamarémos *ausiliares*, y á las cuales conservarémos los nombres que tienen en carpintería.

*Jabalcon*, Fig 34, cuando apoya en una pared y sostiene otra adéma horizontalmente.

*Tirafondo ó tornapunta*, Fig. 35., cuando sirve para contener dos adémas paralelas.

*Riostra*, cuando apoya en el suelo y sostiene verticalmente á una adéma. Fig. 36

Dos riostras que vienen á concurrir en un punto, se llaman *pares*, Fig. 37.

La *sopanda*, Fig. 38, es un puente muy largo y que necesita estar sostenido por uno ó dos jabalcones.

*Carrera*, es una adéma de mucha longitud, que se coloca sobre una línea de peones para que estos sufran la carga por igual.

*Estrivado*, es una especie de carrera sobre la cual apoyan las culatas de una línea de peones.

*Contrapunta*, en minería no es otra cosa que un estemple ordinario aislado.

### *Ajustes de las adémas.*

86. En la entivacion de los subterráneos sucede muchas veces que, las adémas tienen que apoyar ó sostenerse unas con otras, para lo cual es preciso hacer de modo que se ajusten debidamente en los puntos de contacto. El uso de clavos para sujetar las adémas sería un gasto nada despreciable en una mina de cierta consideracion; y, por otra parte, si las adémas no están bien colocadas, los clavos son los que tienen que resistir toda la presion, en cuyo caso se quiebran, ó ellos mismos destrozan las maderas; si las adémas están bien colocadas, ellas se sujetarán y sostendrán mútuamente, y entonces no hay necesi-

dad de clavos, por consiguiente, lo que hay que estudiar es el modo de cortar los estremos de las adémas, y la forma que han de tener para contrarrestar convenientemente las presiones segun su intensidad y direccion.

67. Los ajustes mas usados en la fortificacion subterránea son

| | |
|---|---|
| Ajuste de media caña. Fig. | 39. |
| Asiento de liso. . . . . . | 40. |
| Ajuste á inglete. . . . . | 41. |
| Id. de pié de mulo ó trasdós. | 42. |
| Id. alternado. . . . . . | 43. |
| Id. de tejado ó de cuchilo. | 44. |
| Id. á la úngara. . . . . | 45. |
| Id. de entrada. . . . . | 46. |

El ajuste de media caña solo se puede emplear en adémas cilíndricas ó *rollizos* como son las de pino, y sirve para cuando las presiones tienen todas una misma direccion. La adema *a*, que está vista de corte ó por un estremo, yace orizontalmente, y sobre ella descansa el peon *b*, cuya culata está labrada en hueco ó de media caña segun el grueso de aquella, para que la abraze bien y resulten el mayor número posible de puntos de contacto. Lo mismo viene á ser en *b'*, cuya cabeza está labrada en media caña para recibir el puente *a'*.

El asiento de liso es igualmente para cuando la presion viene solo en un sentido. Si las adémas son ellas ambas labradas, no habrá mas que asentar lateralmente el estremo de la una sobre la cabeza, ó debajo de la culata de la otra adéma; pero si son rollizos, esto es cilíndricas, habrá que labrar en plano el estremo de la una adéma para que se verifique bien el asiento. En la fig. 40 está representado este ajuste visto de frente y visto de costado.

En el ajuste á inglete estan cortados oblicuamente los dos estremos de las adémas en contacto, y esta oblicuidad debe ser proporcionada, no solo á el ángulo que han de formar ambas adémas, sino tambien con respecto á la relacion que haya entre la intensidad de ambas presiones, segun hemos dicho (61.)



Digitized by Google

para el estemple adintelado. Primeramente es muy dificil conocer la relacion de dichas presiones; y por otra parte si ellas vienen despues á variar un poco, lo cual sucede muy á menudo, las adémas pierden su seguridad y no llenan el objeto para que estan puestas. Por estas razones es un ajuste enteramente abandonado hoy dia en la entivacion.

El ajuste de trasdós es generalmente el mas usado, por ser el que ofrece mas ventajas. Su disposicion es facil de comprender en la fig. 42: los estremos de las dos adémas en contacto tienen un corte ó entrada recta, de modo que ajusten exactamente el uno con el otro. Estas entradas se harán mas ó menos profundas, segun la relacion de la intensidad de las presiones, dejando la mayor fuerza en el sentido en que obra la mas intensa, y por esta misma razon será preferible el sobreponer la adéma que recibe lateralmente la mayor presion, indicada en la figura por la direccion de la flecha. El caso mas general en los subterráneos es que la presion vertical sea la preponderante; pero aun cuando las entradas ó cortes para el ajuste no se hagan exactamente en la misma relacion de las presiones, ó bien que estas varien despues algun tanto, no por eso se salen tan facilmente las adémas de su lugar, y esta es la gran ventaja del ajuste de trasdós.

El ajuste alternado fig. 43 llena su objeto tan bien como el anterior, siempre que se sepa fijamente el sentido en que obra la mayor presion. Lo llamo alternado porque la una adéma está labrada en pie de mulo y la otra no, lo cual produce siempre una economía en la mano de obra. Es el ajuste que usaban los romanos, á lo menos en las minas de Rio tinto

El ajuste de cuchillo, fig. 44, viene á ser lo mismo que el de inglete, con solo la diferencia que las dos adémas estan en posicion inclinada. Para su mas facil construccion suele ponerse entre ambas adémas una tabla *ab* llamada *hilera*, y sobre una misma hilera se hacen ajustar varios cuchillos.

En el ajuste á la húngara, fig. 45, una de las dos adémas está labrada en pie de mulo, y la otra tiene dos entradas ó cortes, lo cual aumenta la mano de obra sin dar por eso mayor

Digitized by Google

consistencia á la entivacion; fuera de Hungria no se usa en ninguna parte.

Se dice ajuste de entrada cuando el estremo de una adéma no apoya sobre el estremo de la otra, sino que la comprime lateralmente en un punto cualquiera de su longitud, en cuyo punto hay que abrir una entrada mas ó menos profunda y proporcionada al grueso de aquella. Este ajuste, muy usado en carpintería, puede tener aplicacion en las armaduras de los pozos y de las máquinas; pero lo que es en la fortificacion de los subteráneos se necesita muy rara vez, porque uno de los principios fundamentales en entivacion es debilitar las adémas lo menos posible.

## §. 3.° *Mampostería.*

---

88. Los operarios que trabajan en obras subterráneas de mampostería conservan el nombre árabe de *alarífes.* Ademas de ser albañiles deben saber manejar la punterola y tener conocimientos de aritmética y de geometría, porque de entre ellos han de elegirse tmbien los capataces. Los alarífes necesitan cuasi siempre del ausilio de los entivadores, y no corren los peligros que estos, pero son unos operarios distinguidos, y que necesitan otra clase de conocimientos que los albañiles de la superficie.

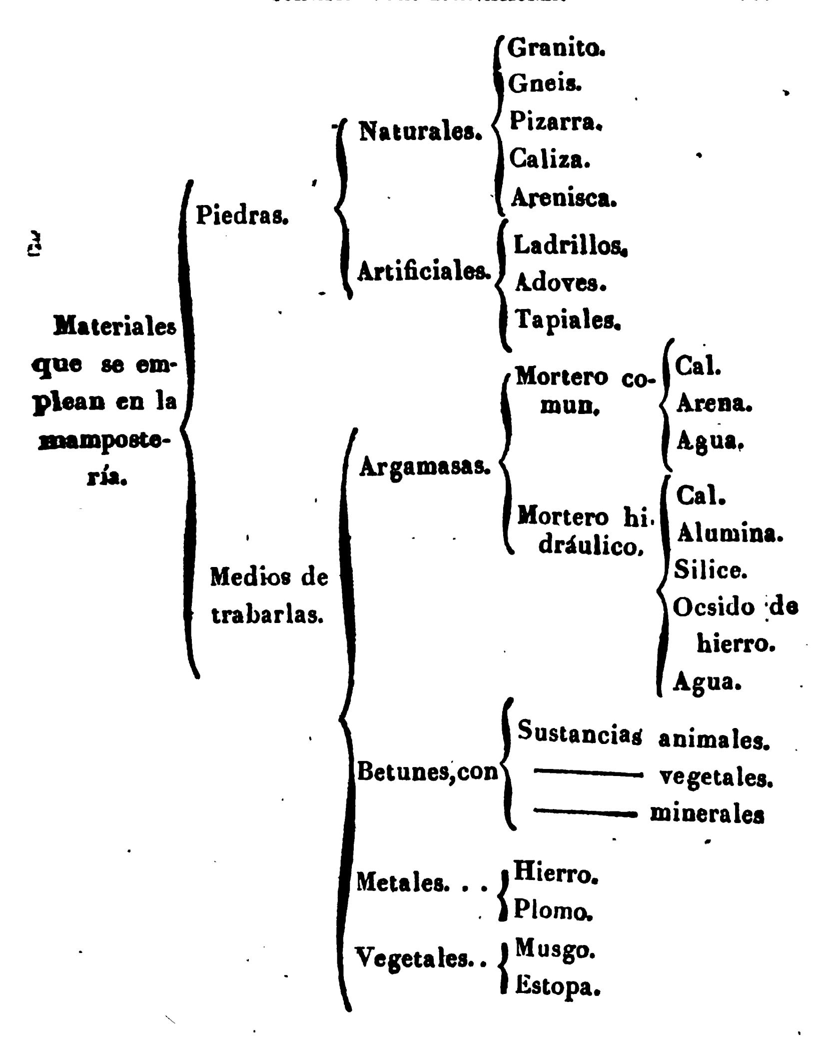
*Herramientas y útiles de los alarifes.*

Punterola y martillo.
Escoda.
Piqueta ó alcotana.
Paleta.
Barras.
Nivel.
Semicírculo.
Petitpié.
Reglones.
Aplomada.
Cuerda.
Cubos.

El uso de todos estos útiles es fácil de comprender, por consiguiente no nos detendremos en su descripcion, y solo advertiremos que, las barras se necesitan para remover y colocar los sillares grandes: los reglones sirven de guia para formar con la mampostería superficies planas: los cubos son para llevar la argamasa al parage en que se ha de emplear.

89. Los materiales necesarios para la construccion de la mampostería son de dos clases; piedras, y argamasas; y se pueden clasificar segun el siguiente cuadro.

Digitized by Google




90. *Piedras.* Toda roca, en siendo consistente, puede emplearse como piedra en la construccion de la mamposteria subterránea, pero no todas se prestan fácilmente á la labra que es indispensable hacer la mayor parte de las veces. El basalto es una roca durísima, pero se labra con dificultad porque es saltadiza, y por lo tanto no debe emplearse en la fortificacion

Digitized by Google

subterránea, sino cuando no haya otra de que echar mano. El granito, roca tan estimada en la arquitectura civil, no solo por su consistencia, sino tambien por su hermosura despues de labrada, para las escavaciones subterráneas resulta muy costosa, y por lo tanto se emplea lo menos posible.

El gneis es una roca muy apropósito para la mampostería subterránea, porque tiene toda la consistencia del granito, y que por otra parte se corta fácilmente en lajas que, si bien no salen enteramente perfectas, cuesta despues poco trabajo el arreglarlas. Las piedras calizas son tambien muy útiles porque, son bastante consistentes y al mismo tiempo se labran fácilmente. Todavia son mejores ciertas areniscas, y sobre todo las pizarras de los terrenos llamados intermediarios ó de primer sedimento, y aun tambien las que corresponden á la corteza primitiva del globo.

Para la eleccion de cualquiera de esta clase de rocas hay siempre que tener presente su localidad, es decir, si la cantera está lejos ó cerca de la boca-mina, porque, en toda obra de construccion, el coste de transportar los materiales suele ser el artículo de mas consideracion para el presupuesto.

91. Los escombros que resultan con el beneficio de un criadero suelen servir, y deben emplearse todo lo posible para las fortificaciones subterráneas porque, de este modo se ahorra el gasto de su estracion á la superficie. Bajo este mismo principio, la primera *monda* ó clasificacion del mineral arrancado debe hacerse dentro de la mina, y no estraer de ella mas que lo que sea mineral beneficiable.

Los escombros se aprovechan en la mina para rellenamiento de bóvedas esto es, para cargarlas y darlas mas seguridad. Con las zafras ó escombros, escogiendo los pedazos mas grandes y de mejor forma, se tapan los boquetes ó entradas de galerías ya abandonadas, se levantan muros, se rellenan huecos, en una palabra, se utilizan todo lo posible para evitar el coste de su estraccion.

92. La resistencia de una piedra se mide por el peso que puede soportar sin descomponerse ó espachurrarse. El resultado

Digitized by Google

de los esperimentos hechos hasta el dia no satisfacen, á mi parecer, completamente la cuestion, quiero decir que no merecen una total confianza; sin embargo, no deja de ser útil el conocer algunos de estos resultados.

*Resistencia de algunas clases de rocas, sacado de diferentes autores.*

| Nombre de la roca | grav. esp. | resistencia en lib. fr. por pulg. cuad. en la superficie de la base comprimida. |
|---|---|---|
| Basalto de Suecia. . . . . . . . . . | 3,064. . . | 28627 |
| Idem de Auvergne. . . . . . . . . | 3,014. . . | 26496 |
| Granito verde de los Vosgos. | 2,854. . . | 9261 |
| Pórfido. . . . . . . . . . . . . . . . . | 2,798. . . | 29952 |
| Mármol de Flandes. . . . . . . . | 2,721. . . | 11808 |
| Idem blanco veteado. . . . . . | 2,701. . . | 4464 |
| Gneis de Freiberg. . . . . . . . | 2,678. . . | 4150 |
| Granito comun de los Vosgos. | 2,664. . . | 12384 |
| Idem. . . Idem de Normandía. | 2,662. . . | 10512 |
| Idem rosaceo oriental. . . . . . | 2,661. . . | 13176 |
| Lava del Vesubio. . . . . . . . | 2,641. . . | 9653 |
| Arenisca de Compiegne. . . . . | 2,460. . . | 3322 |
| Idem de Saint Cloud. . . . . . | 2.239. . . | 2245 |
| Yeso de Montmartre. . . . . . . | 1,918. . . | 1082 |
| Mármol blanco estatuario. . . . | 1,694. . . | 4896 |

Por el exámen de esta tabla se vé desde luego que, como en las maderas (72), las rocas que tienen mayor gravedad es-

pecífica no son siempre las mas resistentes como algunos creen.

Segun los muchos y repetidos esperimentos de Mr. Sganzin resulta que, entre rocas de una misma especie, las mas compactas y de grano mas fino resisten mas presion; y estas resistencias están sobre poco mas ó menos, en razon de los cubos de las gravedades específicas de cada piedra.

Mr. Gauthey ha obtenido tambien otros resultados muy notables. 1.° En piedras de una misma clase de roca, y labradas en bases de igual superficie pero no de una misma forma, la que tiene menor periféria presenta mayor resistencia.

Siendo la base de 2 pulgadas cuadradas y
la periféria una circunferencia, resistió 1873 libras.
. . . . . . . . un cuadrado. . . . . . . . . 1769.
. . . . . . . . un triángulo equilatero . . 1612.

La razon de esto se comprende facilmente porque, cuanto mas agudas sean las aristas ó esquinas que presente un cuerpo, tanto mas facilmente se quebrantarán.

2.° En piedras de una misma clase de roca, de una misma gravedad específica, y labradas en formas semejantes, las resistencias están en razon de los volúmenes de las piedras. Este 2.° resultado manifiesta la ventaja que hay en usar sillares grandes para las construcciones de mampostería, y la preferencia que se debe dar á la mampostería trabada sobre la seca puesto que aquella, siendo buena la argamasa, viene á formar un cuerpo, como si toda la obra fuese de una sola piedra.

92. *Piedras artificiales.* Los ladrillos comunes usados en las construcciones civiles pueden tener muy buena aplicacion en la mampostería subterránea para la construccion de arcos y bóvedas; pero solo se deben emplear cuando no haya en la mina ni en sus inmediaciones una roca que se preste á la talla de las dovelas. Lo que es para la construccion de muros no deben emplearse nunca los ladrillos, porque para este objeto cualquiera roca algo consistente es buena, y que los criaderos de minerales útiles no acostumbran á presentarse en tierra suelta, y sin que exista en sus inmediaciones alguna piedra de construccion. En los aluviones en que se beneficia oro ó

Digitized by Google

platina, no hay necesidad de hacer escavaciones subterráneas, y por consiguiente tampoco fortificacion.

Los ladrillos se hacen de cualquiera clase de tierra con tal que sea algo arcillosa, y que no contenga sustancias fusibles ni calcáreas.

93. Los adoves ó tapiales tienen demasiado poca consistencia para servirse de ellos en la fortificacion subterránea.

### *Argamasas.*

94. La argamasa que se emplea generalmente en las obras de mampostería, se compone de cal, arena y agua, y constituye lo que se llama *mortero.*

La roca caliza ó calcárea en su mayor estado de pureza contiene:

| | |
|---|---|
| 64 | partes de cal |
| 43 | — de ácido carbónico |
| 3 | — de agua de cristalizacion |
| 100 | |

pero por lo comun las rocas calizas contienen ademas otras sustancias, tal como la alumina, la magnesia, la silice, ócsidos metálicos &c. Un esceso de alumina ó de magnesia es perjudicial para la confeccion de un buen mortero; y por el contrario, la silice y los ócsidos de hierro y de manganeso suelen ser muy ventajosos, cuando se hallan combinados en ciertas proporciones.

95. El decir, como han dicho algunos autores, que la caliza de tal ó cual parte es mejor que la de otra, y quererla clasificar por su color blanco, negro ó amarillo, es no decir nada. La piedra caliza debe ser caràcterizada primero por su analisis química, y despues por sus relaciones geognósticas, para que el ingeniero pueda buscar una semejante en formaciones análogas á la que se describe.

La cal cristalizada es naturalmente la mas pura y la mas á propósito para hacer mortero; pero desgraciadamente ès muy escasa en la naturaleza: digo que es escasa, relativamente á las



Digitized by Google

cantidades que para el objeto son necesarias. La caliza primitiva, y sobre todo la que llaman *mármol de Carrara*, es muy pura y no contiene mas que las tres sustancias indicadas. Luego entran las de sedimento antiguo, y aun en las formaciones secundarias suelen encontrarse algunas calizas bastante puras. En las formaciones terciarias las rocas calizas son ya mas impuras, pero sin embargo suelen presentarse algunas veces conteniendo cierta cantidad de silice y de ocsido de hierro, que hace sean todavía mas á propósito para su uso en la mampostería.

96. Para obtener de la piedra caliza lo que en las artes se llama cal, es necesario primero *quemarla*, y despues *apagarla*.

Para quemar ó *calcinar* la piedra caliza hay que quebrantarla en pedazos no muy grandes, con los cuales se rellena un horno colocando los mayores en la parte inferior, y formando toscamente una bóveda. La forma de los hornos y la marcha de las operaciones para quemar la cal, son cosas demasiado conocidas para que nos detengamos en describirlas; solo diré que en Inglaterra han introducido el calcinar la piedra caliza al aire libre, formando montones y siguiendo el mismo método que para la fabricacion del carbon de leña y la del cock. Dicen que se obtienen mejores resultados que en un horno cerrado, pero yo no sé que hasta ahora se haya estendido este método por el continente, y mucho menos en España.

97. Luego de quemada la piedra caliza, en cuyo estado suele llamarse *cal viva*, entra la operacion de apagarla, para que pueda formar union con la arena. Esta operacion, al parecer tan sencilla, ha dado lugar á muchos ensayos y á muchos métodos.

La accion del fuego sobre la piedra caliza, no solo la purifica del carbono que contiene, sino que la priva de su agua de cristalizacion, y se convierte en una sustancia muy higrométrica, es decir, que atrae estraordinariamente la humedad, y está dispuesta á combinarse de nuevo con el agua, pero de un modo diferente de como estaba antes. Todo el mundo sabe que, cuando se echa un poco de agua sobre un canto de cal

Digitized by Google

viva, empieza esta á humear y á desprender calórico; si se echa mas agua, se agrieta el canto y se desquebraja; si se echa mas agua, se vuelve polvo, y si mas todavía, se hace una pasta. En unas partes apagan la cal hasta el estado de polvo, en el momento que la sacan del horno; en otras partes no la echan una gota de agua hasta el momento de ir á hacer el mortero. En unos parages la humedecen hasta formar pasta, antes de hacer la mezcla; en otros parages por el contrario, como en Madrid por ejemplo, mezclan la cal hecha polvo con la arena correspondiente, y no hacen la pasta hasta el momento de aplicarla á la mampostería.

Para lo material de apagar la cal hay tambien diferentes métodos.

1.° Los cantos de cal estendidos en el suelo se van rociando con cubos de agua hasta que todos ellos se pulverizan.

2.° En una tina de madera se echa una cierta cantidad de agua, y luego se van immergiendo en ella los cantos de cal viva.

3.° Mr. de la Faye, autor de varias memorias sobre morteros, ha creido haber encontrado el método que empleaban los romanos para apagar la cal. Este método consiste en llenar una cesta ó espuerta con cantos pequeños de cal viva, y meterla despues dentro de agua durante solo algunos segundos. Luego que se saca la cesta y que ha escurrido toda el agua, se echa la cal dentro de un tonel, en el cual concluye de apagarse hasta el estado pulverulento, y se conserva allí tapada hasta el momento de usarla.

Mr. Rondelet, que tambien se ha ocupado mucho sobre el método de hacer morteros y apagar la cal, dice que, el de Mr. de la Faye no tiene ventaja ninguna sobre los demas, y que no es de ningun modo el que usaban los romanos. Pero Mr. Fleuret salió despues en defensa del método de la Faye, aunque haciendo en él alguna modificacion.

4.° Mr. Vicat recomienda su método que se reduce á colocar los cantos de cal viva debajo de un cobertizo, para que estén al abrigo de las lluvias, pero de modo que el aire pueda

Digitized by Google

entrar y circular por todas partes, y con la humedad que en sí contiene va apagando poco á poco la cal. Este método no tendria la mejor aplicacion en España, porque en ella reinan generalmente aires muy secos.

5.° *Método de Sajonia.* En una tina rectangular, ó bien en un hoyo de esta forma hecho en el suelo y revestido con tablas, se colocan como unos 4 pies cub. de cal viva, estendiéndola con cierta igualdad para que presente una superficie plana. Se va rociando poco á poco con agua, hasta que la cal se pulveriza; entonces se echa mas agua de una vez, y se revuelve y menea bien todo el tiempo que dura el desprendimiento de calor, obteniendo por último una pasta clara bastante fluida. En el mismo hoyo ó tina en que se ha apagado la cal, se conserva almacenada hasta el momento de usarla y, para que no la alteren las influencias atmosféricas, la recubren con una ligera capa de arena.

Para una tina que contenga de 4—5 pies cub. de cal viva emplean de 30—40 kannas, ó lo que es lo mismo de $1\frac{1}{4}$ á $1\frac{5}{8}$ pies cúb. de agua para solo rociarla, y en total para ponerla en pasta fluida se necesitan de 120—130 kannas, ó sean 5 á $5\frac{1}{2}$ pies cúb. de agua. La operacion dura de 20—30 minutos.

98. La cal cuando se apaga aumenta mas ó menos de volumen, segun que las combinaciones químicas pueden ó no verificarse mejor, y esto depende de la mayor ó menor pureza de la caliza empleada. En Freiberg una tina que contiene $4\frac{5}{7}$ pies cúb. de cal viva, produce $7\frac{1}{4}$ á $7\frac{1}{2}$ pies cúb. de cal apagada, pero es preciso advertir que la roca caliza allí generalmente empleada, y que llaman *Plaenerkalk*, es muy arcillosa; una caliza regular, suele aumentar de volumen en razon de 1 á 3.

99. Con la arena sucede lo mismo que con la cal: han querido hacer clasificaciones sin tener presentes los principios mineralógicos y geognósticos, y el resultado ha sido confusion y contradicciones que vamos á tratar de poner en claro.

Se llama en general *arena* á los destrozos de rocas, sean estas de la clase que quieran, que por falta de una sustancia que los trabe ó sirva de cemento, permanecen sueltos y sin adherir-

Digitized by Google

se unos con otros. Hasta cierto punto es indiferente el tamaño de estos destrozos ó cantos; pero para que sea efectivamente una arena, no deben pasar del grueso de una avellana; en siendo mayores ya constituyen lo que llaman *guijo ó cascajo*. La calidad de los cantos es tambien indiferente, y asi es que se dice arena silicea, arena arcillosa, arena micacea, &c, segun sea la sustancia que entre ellos predomina.

La calidad de la arena dependerá por consiguiente de cual sea la clase de rocas de donde proceden los destrozos, y de ningun modo de la situacion ó posicion en que ella se encuentre. El decir arena de rio, arena de mar, arena de mina, no es dar caracter ninguno, porque lo mismo puede ser arena fina, arena gruesa, arena micacea, arcillosa, ferruginosa &c., la que se encuentra en la madre de un rio, como la de la orilla del mar y la que se estrae de una escavacion subterránea. La arena para la confeccion del mortero debe ser muy abundante en silice; si todos los cantos fuesen de silice pura, tanto mejor; tampoco daña, antes es muy bueno, el que estén teñidos por ócsidos de hierro. Para despojar á la arena de las sustancias terreas y solubles en el agua, se acostumbra á lavarla, y por esta razon, en igualdad de circunstancias, es siempre preferible la arena de rio ó de mar.

100. Otra circunstancia que debe tener la arena para producir buen mortero, es que, sus cantos ó *granos* sean de una cierta magnitud, y todos ellos sobre poco mas ó menos iguales. Esto se consigue haciendo pasar la arena, primero por una criba cuyos ahugeros tengan la dimension requerida; lo que ha pasado por esta primera criba se vuelve á hacer pasar por otra cuyos ahugeros sean algo menores que los de aquella, y los granos que no han pasado por esta segunda criba, resultan todos ellos de un mismo tamaño con corta diferencia, y son los que constituyen la arena para la mezcla.

Muchos son los ingenieros que se han ocupado de esta parte de la arena, pero en el resultado de sus observaciones no están enteramente acordes porque, el tamaño que se debe elegir para los granos de arena, depende en gran parte de la calidad

Digitized by Google

de la cal con que ella se ha de mezclar. El Dr. Higgins de Inglaterra ha clasificado la arena en tres especies; la primera, que llama arena *grand*, es aquella cuyos granos han pasado por una criba ó arnero que sus ahugeros tienen $\frac{1}{8}$ de pulgada de diámetro; para la segunda clase, que llama arena *gruesa*, los ahugeros del arnero tienen $\frac{1}{16}$ de pulgada de diámetro; y, para la tercera ó sea arena *fina*, los ahugeros son de $\frac{1}{32}$ de pulgada.

101. Tanto por los esperimentos de Higgins, como por los de Raucourt de Charleville y otros, resulta que, el hueco ó capacidad formada por la suma de intersticios resultantes entre los granos de la arena, es tanto mayor cuanto mas gruesos sean los granos; de donde resulta un principio para la práctica, y es, que, si en la mezcla ó mortero se quiere poner mucha cal y poca arena, se deberá elegir esta de grano grueso, y por el contrario de granos pequeños, si la arena es la que ha de predominar.

102. No entrarémos en mas detalles sobre la cal y la arena, y nos contentarémos con presentar las recetas digámoslo asi, que recomiendan varios ingenieros para obtener una buena mezcla.

*Segun Eytelwein.*

Con un volúmen de caliza de Rüdersdorf (en Prusia) se pueden mezclar 3 volúmenes de arena.

*Segun Gilly.*

Cal y arena por partes iguales.

*Segun Forster.*

1. peso de cal con 5 pesos de arena grand.
1. . . . . . . . . . . . 5 . . . . . . . . . . gruesa.
1. . . . . . . . 6 á 6 ½ . . . . . . . . . . . . fina.

*Segun Raucourt de Charleville.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 | partes (en volúmen) de cal, con 7 | de arena en | polvo |
| 1 | ........................ 3 | ............ | fina |
| 2 | ........................ 5 | ........ | mediana. |
| 5 | ........................ 12 | .......... | gruesa. |
| 1 | ........................ 2 | .......... | grand. |

*En Freiberg.*

1 volúmen de cal apagada, con 10 de arena, ó lo que es lo mismo, 1 peso de cal con 7,44 pesos de arena, porque el pié cub. de aquella cal pesa 70 lib., y el de la arena 50 lib., cuyos granos tienen $\frac{}{16}$ de pulg. de diámetro.

En otras partes de Alemania se procura que los granos de arena tengan de $\frac{1}{32}$ á $\frac{1}{18}$ de pulgada. Eytelwein aconseja de $\frac{}{18}$ á $\frac{1}{12}$ En Madrid y en cuasi toda España se hace pasar la arena por un enrejado de alambre grueso de hierro, cuyas mallas vienen á formar un círculo de algo mas de una pulgada de diámetro, pues que entran 100 mallas en cada pié cuadrado de *alambrera*; pero como esta no se coloca horizontal, sino en una posicion inclinada, resulta que son muy pocos los granos de dicha dimension que pasan por las mallas, y la arena es de granos muy desiguales.

103. En cuanto á la cantidad de agua que se requiere para la mezcla, depende de la mayor ó menor fluidez que se la quiera dar, con arreglo á la clase de piedra empleada en la mampostería. Si esta es de una roca que no absorva mucho la humedad, se pueda dar al mortero una liquidez tal, que se escurra lentamente sobre la paleta colocada con una inclinacion de 30 grados sobre poco mas ó menos. Para mampostería de ladrillos se hace el mortero algo mas líquido.

104. El yeso ó cal sulfatada, forma tambien una buena argamasa para cierta clase de mampostería, y se hace de él mucho uso en la arquitectura civil; pero es un ingrediente demasiado

Digitized by Google

caro para que tenga aplicacion en la subterránea ; por otra parte, su manipulacion es mas complicada, porque necesita usarse en el momento que se humedece; en dejando pasar medio cuarto de hora ya no traba el yeso; tampoco abunda tanto como la cal particularmente en terrenos de minería, y sobre todo, no hace tan buen efecto como el mortero en la mampostería de piedra de sillería.

### *Mortero hidráulico.*

105. Se dá el nombre de mortero hidráulico, á una mezcla ó mortero que tiene la propiedad de endurecerse dentro del agua, es decir que, una vez saturado del agua necesaria para desenvolver las reacciones entre la cal y la arena, si se le echa mas agua, no solo no le perjudica, sino que hace que se trabe y consolide mas pronto. Esta clase de mortero es indispensable para la construccion de diques y otras obras en los puertos de mar y orillas de los rios; tambien es utilísimo en la fortificacion de los subterráneos, en los cuales muchas veces el agua es el mayor obstáculo que se presenta para adelantar nuestras labores, y sin embargo de esto no ha llamado como debiera la atencion de los ingenieros de minas; pero los civiles, y particularmente los de puentes y calzadas, han hecho investigaciones muy interesantes, y han llegado á resolver completamente el problema.

106. Ya hemos dicho (94) que las rocas calizas no estan por lo general esclusivamente compuestas de cal, áccido carbónico y agua ; contienen ademas otras sustancias que, las unas son nocivas, y otras son ventajosas para la confeccion de un buen mortero. Si estas sustancias adicionales, son tales y estan en tal proporcion que, dan á la cal la propiedad de endurecerse dentro del agua, en ese caso, dichas rocas calizas reciben el nombre de *cales hidráulicas naturales*. Si la caliza no tiene esta propiedad, entonces habrá que mezclar con ella ciertas sustancias que produzcan el mismo efecto, formando lo que se llama *cal hidráulica artificial*. El fundamento de este procedimiento

Digitized by Google

consiste en obtener el áccido silíceo para que, combinado con el hidrato de cal, resulte un silicato de calcium.

107. Para la confeccion del mortero hidráulico lo que generalmente se hace es, reunir todos sus elementos menos la cal, á lo que se llama el *cemento*, el cual se mezcla despues con aquella como en el mortero ordinario. La imitacion del famoso *cemento romano* ha sido durante muchos años la piedra de toque y el escollo de ingenieros y arquitectos; pero en el dia se conocen ya varios métodos para obtener un buen cemento hidráulico, importándosenos muy poco el qué los romanos lo hiciesen como mejor les pareciese, con tal que nosotros consigamos el mismo objeto. (*) Pondremos á continuacion los mas en uso.

1.°

El cemento hidráulico mas comun, se obtiene pulverizando ladrillos, tejas, y residuos de fábricas de porcelana y de alfarería. Con este polvo amasado con agua, se hacen unos bollos, los cuales se calcinan en un horno, y se vuelven á pulverizar para mezclarlos con la cal en proporciones convenientes, segun es la calidad de ella. Bien se deja conocer que esta especie de receta es una cosa bastante vaga, porque no en todas las tejeras, alfarerías y fábricas de porcelana se emplean las mismas sustancias; es cierto que en todas estas fabricaciones se hace una combinacion de sílice, alumina y ócsidos metálicos, pero no en todas ellas guardan la misma proporcion, sobre todo en las tejeras que, suelen servirse de las tierras que mas ó mano les viene, con tal que no sean calcáreas: asi es que, con destrozos de tejas y ladrillos, en unas partes se obtendrá buen cemento, y en otras malo.

2.°

Segun Vitrubio los antiguos romanos usaban mucho la *puz-*

(*) Theorie et pratique des mortiers et des cimens romains. Berthaut-Ducreux. Paris, 1833. Se halla un estracto de esta obra en los Annales des mines. Tom. V. 1re. livraison, 3me. série.

*zolana* como cemento en sus obras hidráulicas, y en el dia mismo es objeto de un gran comercio en varios puertos del continente europeo. La puzzolana es una toba volcánica que se encuentra muy abundante en las inmediaciones de Nápoles, arrojada por el Vesubio en épocas remotas, y en la cual se hallan convenientemente combinadas las sustancias propias á producir un buen cemento. Su composicion química es segun Berthier.

44,5 ..... silice.
15,o ..... alumina.
8,8 ..... cal
12,o ..... ocs. de hierro.
4,7 ..... magnesia.
1,4 ..... potasa.
4,o ..... sosa.
9,6 ..... agua.

3.º

Otro cemento empleado tambien con muy buen écsito es el *Trass*, con el cual hacen comercio los holandeses. Es, lo mismo que la puzzolana, una roca volcánica, y que se encuentra en las inmediaciones de Andernach en la Prusia del Rhin. Su analisis ha dado á Berthier.

57 ..... silice.
12 ..... alumina.
2,6 ..... cal.
5 ..... ocs. de hierro.
1 ..... magnesia.
7 ..... potasa.
1 ..... sosa.
9,6 ..... agua.

4º

El *Trass artificial* que se fabrica en Amsterdam, es una ar-

Digitized by Google

cilla que estraen del fondo del mar, y que hacen calcinar por el estilo de los ladrillos. Luego lo pulverizan mecánicamente hasta el grado necesario para mezclarlo con la cal y hacer el mortero. Bergmann lo ha analizado, y ha encontrado que contiene

| | |
|---|---|
| de 55 á 60 | ..... silice. |
| 19 — 20 | ..... alumina. |
| 5 — 6 | ..... cal. |
| 15 — 20 | ..... hierro. |

5.°

El basalto calcinado y pulverizado se usa tambien con ventaja como cemento para el mortero hidráulico. El empleado con este objeto en el puerto de Cherbourg en Francia, contiene

| | |
|---|---|
| 44,50 | ..... silice. |
| 16,75 | ..... alumina. |
| 9,50 | ..... cal. |
| 20,00 | ..... ocs. de hierro. |
| 2,37 | ..... id. de manganeso. |
| 2,60 | ..... sosa. |
| 2,00 | ..... agua. |
| 2,28 | ..... perdida. |

Comparando estos analisis sé vé desde luego que la sustancia predominante en un buen cemento es la silice, luego entra la alumina por una tercera parte de aquella sobre poco mas ó menos, y despues el ócsido de hierro, cuya cantidad puede variar hasta ser algo mas que la alumina.

108. Tambien presentan los autores varios analisis de cales hidráulicas naturales, nos contentaremos con citar un par de ellos.

Digitized by Google

*Analisis de Berthier, de una cal muy hidráulica.*

---

*La roca caliza.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| 79,2 | carbonato de cal. | | |
| 2,5 | id | de magnesia. | |
| 6,0 | id | de hierro. | |
| 6,5 | silice | | arcilla |
| 3,8 | alumina | | |
| 2,0 | carbono | | |

y la cal procedente de esta roca contenia;

74 — cal.
2 — magnesia.
17 — arcilla.
7 — ócsido de hierro.

Otra caliza de Boulogne sur mer, analizada por Drapier:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 65,7 | carbonato de cal. | | |
| 0,5 | id | de magnesia. | |
| 7,9 | id. | de hierro. | |
| 18,0 | silice | | arcilla. |
| 6,6 | alumina | | |
| 1,3 | agua | | |

y la cal obtenida:

25,4 = cal.
36,0 — arcilla.
8,6 — ócsido de hierro.

Aqui se vé que para que una roca calcárea produzca cal hidráulica, debe contener cierta cantidad de arcilla, si no la contiene se le agregará antes de hacer la calcinacion; resultando de esta lo que hemos dicho se llama cal hidráuli-

Digitized by Google

ca artificial, y á la cual basta añadir la arena correspondiente para tener el mortero hidráulico.

Entre las calizas terciarias de agua dulce, que tanto abundan en el centro de España, debe haber algunas á propósito para mortero hidráulico; pero no sé que hasta ahora se haya hecho sobre ellas un ensayo científico.

109. En Sajonia han tratado de emplear el yeso en la confeccion del mortero hidráulico, pero los resultados han sido poco satisfactorios.

*Betunes.*

110. Se comprenden bajo este nombre cierta clase de argamasas eminentemente hidráulicas ó impermeables, pero que son demasiado costosas para poderlas emplear en grande, y mucho menos en minería, donde se trata siempre de economizar todo lo posible, y no se admite nada de lujo ni de superfluo. Por consiguiente los betunes solo se usan en casos muy especiales, para obras de mucho interés, pero de muy poca estension.

En la composicion de los betunes entran siempre sustancias animales ó vegetales ademas de las minerales: daremos algunas recetas:

1.ª

Se toman 8 partes de nata ó queso.
4 — de cal pulverizada.
6 — de arena fina bien tamizada.

Se menea y revuelve bien el todo, y antes de emplearlo hay que humedecer un poco el parage donde se va á aplicar.

2.ª

5 1/4 libras de cal pulverizada.
2 id. polvo de ladrillo tamizado.

Digitized by Google

¼ id. vidrio hecho polvo.
2 id. aceite de linaza.

La cal, el vidrio y el ladrillo se revuelven y mezclan bien, y se meten en mortero ó almirez; luego se echan encima 1½ libras de aceite que se va revolviendo para hacer la masa, y añadiendo el resto sucesivamente. Este betun debe usarse á poco de estar hecho, porque pasados dos ó tres dias ya está demasiado endurecido y no sirve. El parage donde se ha de aplicar hay que secarlo bien primero, y despues untarlo con un poco de aceite.

3.ª

Con 5 lib. de cal
2½ — de polvo de ladrillo
½ — de limaduras de hierro
¼ — de vidrio molido
y 2 — de aceite de linaza, se hace un betun que resiste muy bien á la acccion del agua.

4.ª

Tambien se hace un buen betun sin mas ingredientes que cal pulverizada y tamizada, disuelta ó desleida en sangre de buey, tomando igual peso de ambas cosas. Se revuelve, y resulta una pasta que tarda poco en tomar consistencia y dureza.

5.ª

El betun llamado de fontaneros que se usa en Madrid se compone de aceite de olivas, cal viva y estopa. El usado por nuestro antiguo profesor D. Francisco Travesedo para las necesidades de sus establecimientos de baños en esta corte, consiste en una libra de aceite, 3 libras de cal y dos cuartos de estopa, de la cual se pone un poco mas ó un poco menos, segun la calidad de la cal. El todo se revuelve, se menea y se soba bien, para que resulte una masa pastosa unida y homogénea.

Digitized by Google

### *Metales.*

111. El hierro y el plomo suelen emplearse algunas veces para trabar ó unir los sillares de mampostería, ó sean piedras labradas. El hierro se usa en grapas ó en pequeñas barras, que entran en unas hendiduras hechas en las dos piedras que han de quedar sujetas; y para que el hierro agarre mejor, se introduce un poco de plomo en las holguras, haciéndolo entrar y machacándolo á golpe de martillo. Tambien se usa el plomo derretido, derramándolo en este estado por las junturas de los sillares, pero en este caso se acostumbra á recubrirlo despues con una ligera capa de betun.

### *Vegetales.*

112. Cuando hay mucha humedad en los subterráneos, suele emplearse el musgo para formar un buen asiento á las piedras de cierta magnitud; y tambien sirve para tapar ó contener filtraciones de agua, que destruyen la mampostería cuando no está construida con mortero hidráulico.

La estopa hace algunas veces el oficio de argamasa; con ella se tapan las junturas de las maderas entre sí ó con la mampostería, y tiene muy buena aplicacion en los revestimientos de pozos en que hay mucha filtracion.

## § 4.° *Construccion de muros y arcos de bóveda.*

---

113. La mampostería puede llenar su objeto oponiendo resistencia de dos modos; ó bien por el peso absoluto de su masa, ó bien por la dureza y adhesion de sus moléculas que no permiten sean comprimidas. En el primer caso se aplica la mampostería á contrarrestar presiones laterales, construyendo *muros de revestimiento*; en el segundo caso se aplica á resistir presiones verticales, y aun tambien inclinadas, para lo cual se construyen *muros y pilares de sostenimiento*, *arcos y bóvedas de empuje.*

Digitized by Google

Los muros de revestimiento tienen muy poca aplicacion en las fortificaciones subterráneas, pero son de mucha utilidad en las escavaciones á cielo abierto para sostener la caida de las tierras, ó sean las rocas enteramente sueltas y movedizas. En realidad las tierras se sostienen por sí mismas, siempre que se las dé un declive proporcionado á su poca adhesion; pero, en escavaciones de cierta profundidad, para dar á sus paredes el declive correspondiente, seria necesario tomar una grande anchura, lo cual aumentaría considerablemente los gastos; y ademas, si por la escavacion ha de correr agua, ó cuando no, el solo efecto de las lluvias y de los vientos destruiría el declive y cegaría la escavacion. Para evitar todos estos inconvenientes se hace indispensable la construccion de muros de revestimiento.

114. Sosteniéndose las tierras por sí mismas bajo una cierta inclinacion ó declive, quiere decir que, solo ejercerá su presion contra el muro, la parte de ellas colocada sobre este plano inclinado, viniendo á resultar un *prisma de tierras*, cuya seccion está representada por el triángulo rectángulo *lmn* Figura 47, y que será lo único que tendremos que sostener. Pero como este prisma se halla ya sostenido en parte por el plano inclinado del declive natural de las tierras, no será todo su peso el que obrará contra el muro, sino un peso mucho menor.

Si representamos por *ac* la direccion y la magnitud de la fuerza de gravedad correspondiente al peso total del prisma de tierras; y si consideramos, como podemos hacerlo, esta fuerza reemplazada por dos componentes rectangulares *ab* y *bc*, tendremos que, la fuerza *ab* quedará destruida por la resistencia del plano inclinado á quien es normal, y solo obrará contra el muro de revestimiento la otra componente *bc*, cuya fuerza será todavía disminuida por el rozamiento del prisma de tierras sobre el plano de declive. Todo esto es en la suposicion de que, el prisma de tierras forme un todo ó cuerpo compacto y sólido, lo cual está muy lejos de verificarse; tampoco es un líquido porque sus moléculas no tienen una movilidad perfecta; por consiguiente, para determinar la forma y dimensiones del

Digitized by Google

muro de revestimiento, hay que tener en consideracíon el declive natural de las tierras que se han de sostener, su gravedad específica, la mayor ó menor adhesion de sus moléculas mas ó menos groseras, y el rozamiento que estas puedan egercer unas contra otras; circunstancias todas ellas muy difíciles ó cuasi imposible de apreciar en la práctica, y que hacen que este problema sea uno de los mas difíciles de resolver completamente en mecánica aplicada.

115. M. Prony ha dado un método gráfico para determinar la forma y dimensiones del trapecio *moql*, Fig. 48, teniendo conocidas la inclinacion *mn*, la altura *ml*, la gravedad específica del prisma de tierras, y la gravedad específica de la piedra con que se ha de construir el muro. (*) Este método parece que tiene muy buena aplicacion, y se halla recomendado por todos los que han tenido ocasion de practicarlo; pero su trazado en el papel es bastante complicado, y no siempre hay proporcion para poder apreciar las gravedades específicas indicadas; por consiguiente daremos otro mas sencillo, y aunque no tan exacto, es lo suficiente para la práctica ordinaria.

116. En primer lugar, por lo que hemos dicho en el número 114 se vé desde luego que el mayor empuje que recibe el muro es en su parte inferior, y por lo tanto en esta parte debe ser mas grueso; es decir que, la seccion dada al muro transversalmente debe ser un trapecio como está representado en Fig. 48. La altura *ml* de este trapecio está desde luego determinada, porque es la misma que tienen las tierras; lo que falta saber es la magnitud y relacion de las dos bases paralelas *ql* y *om*.

Como que la gravedad específica de la mampostería escede siempre á la de las tierras, y que por otra parte, el muro no tiene que resistir todo el peso del prisma de tierras; si hacemos que la superficie del trapecio *moql* sea igual á la del triángulo *mln*, el muro tendrá una resistencia mas que suficiente para contrarrestar la presion de las tierras. Pero con esto no tene-

(*) Memoria sobre empujes de tierras y forma de los muros de revestimiento. Por M. Prony. Traducido al castellano en 1803. Imprenta real. Madrid.

mos resuelto el problema, porque con la misma altura *ml* se pueden construir una porcion de trapecios que tengan igual superficie que el triángulo *mln*. Para completar pues la solucion, es necesario otro dato que se ha sacado de la esperiencia y es, hacer que el ángulo *aoq* sea igual á la mitad del ángulo *lmn*.

Si tiramos la *rs* á igual distancia de las dos bases paralelas, tendremos que $rs \times lm$, superficie del trapecio, será igual á $\frac{nl \times lm}{2}$ superficie del triángulo, de cuya ecuacion resulta $rs = \frac{nl}{2}$. Es decir que para satisfacer á las condiciones dichas, por la mitad de la altura *lm* se tirará una horizontal *rs*, cuya longitud sea igual á la mitad de la línea *ln* del prisma de tierras; por el estremo *r* se tirará una línea *qo* que forme con la vertical un ángulo igual á la mitad del ángulo *lmn*; y con esto quedarán determinadas la forma y dimensiones del muro de revestimiento en su seccion transversal.

117. Los muros de *sostenimiento* resisten únicamente á presiones verticales, las laterales darian con ellos abajo. Su uso mas general en la fortificacion subterránea, es para apoyar sobre ellos los arranques de arcos de bóveda, en cuyo caso se llaman *pies derechos*. Cuando un muro tiene su altura mucho mayor que la base, y que esta es próximamente un cuadrado, un círculo ó un polígono regular, entonces se llama *pilar*.

118. Lo material de la construccion de un muro sea de sostenimiento ó de revestimiento es bien conocido. El construirlos con sillares ó piedras labradas, es un lujo que no se puede admitir en las labores de minería. Las piedras deben irse colocando por *hiladas* horizontales, ajustándolas bien unas con otras y asentándolas de modo que, apoyando la mano sobre ellas no produzca el menor movimiento. En las esquinas y en las caras esteriores del muro, se deben colocar las piedras mayores de entre las disponibles, y haciendo de modo que, si tienen una superficie lisa, caiga esta de la parte de afuera, para de este modo poder aplicar mejor sobre ellas el reglon, que es el que

Digitized by Google

sirve de guia para saber si el muro va bien vertical ó con la inclinacion marcada. Los pequeños huecos ó intersticios se van rellenando con cantos proporcionados y con mortero.

Los alarifes y en general todos los albañiles acostumbran á ser muy pródigos en mortero, porque asi trabajan menos, pero la obra no queda tan consistente. La cantidad necesaria de mortero es muy indeterminada porque depende de su calidad, y segun sea la piedra con que ha de trabar; pero por regla general se puede decir que, para cada vara cúbica de mampostería en muros, son suficientes de 18—24 libras de cal.

*Arcos y bóvedas.*

119. Esta parte tratada con toda la estension debida, forma por sí sola uno de los cursos que debe estudiar el ingeniero, sea civil ó militar: pero nosotros nos contentaremos con dar unas ligeras ideas, las mas indispensables para precavernos de los hundimientos en las regiones subterráneas.

En general se puede decir que, la forma de toda bóveda es una superficie originada por una línea llamada *generatriz*, y que se mueve bajo cierta ley, apoyándose sobre otra línea que, por esta razon se llama *directriz*. La directriz puede ser una línea cualquiera, pero para los casos que se nos pueden ofrecer dentro de las minas, supondremos que ella es siempre una línea recta.

120. Si la generatriz es igualmente una línea recta, tenemos el caso de los techos ordinarios en los edificios civiles, cuyo caso se presenta tambien en la fortificacion subterránea, cuando sobre dos paredes, sean de la roca misma ó sobre dos muros de sostenimiento, se colocan grandes losas ó lajas de roca apoyando solo sus dos cantos estremos. En Linares llaman *cobijas*, á estas losas, y son de una arenisca terciaria muy consistente; cuando es una cobija sola la que forma el techo dicen que está de *bravo*, y si son dos losas apoyando una en otra como en Fig. 49, las llaman *cobijas de apuntado*. En la antigua cañería de desagüe de Freiberg se ven muchas cobijas colocadas de bravo, pero allí son de gneis.

En la arquitectura civil llaman *dinteles* á las referidas losas,

y por analogía, arcos ó bóvedas *adintelados* los que, aunque compuestos de muchas piezas, presentan en su parte inferior una superficie plana, como sucede en todas las puertas y ventanas de los edificios.

120. La generatriz puede ser tambien una curba regular cualquiera, pero por lo comun no se emplea mas que el círculo y la elipse, y aun esta se reemplaza por la reunion de varios arcos de círculo de rádios diferentes, y por cuyo medio se trazan elipses ó mas bien óvalos de todas formas.

121. Si la directriz es una línea recta horizontal, y que el plano de la curva generatriz se conserva siempre perpendicular á aquella, en ese caso resulta una *bóveda recta horizontal*

Si la directriz siendo horizontal, el plano de la generatriz nó es perpendicular á ella, entonces resulta una bóveda *en esviage*.

Si la directriz está inclinada respecto al horizonte, y el plano de la generatriz es perpendicular al plano vertical que pasa por la directriz, entonces tendremos una *bóveda recta en rampa ó escarpe*.

Si la directriz está inclinada, y el plano de la generatriz no es perpendicular al plano vertical que pasa por ella, tendremos una bóveda en *rampa* y *esviage*.

La línea recta paralela á la directriz, y que resulta trazada por el céntro ó punto simétrico de la generatriz, es lo que se llama el *eje de la bóveda*. Las dos posiciones estremas de la curva generatriz constituyen las *bases* de la bóveda.

El eje de la bóveda es el que mide su *longitud*; la *anchura* de la bóveda se mide por la horizontal que pasa por el centro ó punto simétrico de la generatriz y termina en esta por sus dos estremos; la *altura* de la bóveda es una recta levantada verticalmente desde el centro de la generatriz hasta élla.

Un arco no es otra cosa que una bóveda de muy poca longitud respecto á su anchura; cuando la longitud es algo considerable, suele decirse *cañon de bóveda*.

122. Si la curva generatriz es un semicírculo, y sus dos es-

tremos ó arranques del arco se hallan á un nivel, entonces se dice arco ó bóveda de *medio punto*, Fig. 50. Si solo se emplea una porcion de arco que no llegue á ser la mitad de la circunferencia, entonces se llama *escarzáno*, Fig. 51. Cuando el arco consiste en una semielipse cortada por su diámetro mayor, se llama arco *rebajado*, Fig. 52, y si está cortada por el diámetro menor, Fig. 53, arco de *todo punto ó capialzado*.

Tambien se construyen bóvedas formadas por dos porciones de circunferencia de círculos iguales, pero de distintos centros, como en Fig. 54, y se dice entonces que es un arco *apuntado*.

123. El método gráfico de trazar una elipse por medio de un cordel, cuyos dos estremos estén fijos en los focos de ella, es tan sencillo y tan esacto que, debe usarse siempre que las dimensiones no sean demasiado grandes, como no lo son generalmente en las escavaciones subterráneas. Pero cuando la anchura ó amplitud del arco es de consideracion, como por egemplo en un puente, en ese caso no es facil trazar la plantilla de una vez, y es mas cómodo hacer un óvalo, reuniendo arcos de varios círculos y de rádios diferentes. Por esta razon suelen llamarse á semejantes óvalos, arcos de *varios centros*, y los hay de tres, cinco, siete y mas centros.

En el distrito de Marienberg en Sajonia, la bóveda del caño general de desagüe es una elipse, cuasi completa, de 24 centros. El famoso puente de Neuilly cerca de París, ejecutado por Mr. Perronet, es un arco de elipse trazado con 11 centros.

Los métodos de trazar un arco de varios centros son muchos y cada uno puede elegir el que mejor le parezca y segun quiera que resulte mas ó menos rebajado; pero cuantos mas centros tenga tanto mas se acercará á ser una verdadera elipse, con tal que se sepa combinarlos. La Fig. 52, por egemplo, es un arco de cinco centros.

124. Otra curba muy apropósito para cañones de bóveda, sobre todo en los subterráneos, es la *catenaria*, notable en la mecánica por sus ecuaciones de equilibrio. Su trazado gráfico es muy sencillo y de una esactitud suficiente para la práctica. Supongamos que AB, Fig. 55, sea un tablero de ma-

Digitized by Google

dera armado al efecto, el cual se colocará en una posicion muy inclinada, cuasi vertical. Trázese en él con un lapiz la orizontal *ab*, igual á la amplitud que se quiere dar al arco, y desde su medio *c* levántese la perpendicular *cd* igual á la altura ó *sdgita* del mismo arco. Tómese una cadena de hierro de eslabones finos, pero bien movibles, y fijando el un estremo en *a* se la colocará de modo que, obedeciendo á su propio peso, pase por el punto *d* y por el punto *b*, en el cual se fijará igualmente el eslabon que corresponda. Hecho esto no hay mas que trazar ó marcar en el tablero la posicion que tiene la cadena; se sierra la madera segun está curva, y volviéndola hácia arriba, ya tenemos la plantilla para nuestra bóveda.

128. El modo de considerar la generacion de una superficie cilíndrica, suponiendo que la generatriz sea una curva que va moviéndose paralelamente á sí misma y apoyándose sobre una recta, es el modo mas natural para nuestro objeto, porque es precisamente el método que se sigue en la construccion de las bóvedas; efectivamente, lo que se hace es armar primero una *cimbria*, esto es, un arco de madera exactamente del tamaño y forma de la curva que se quiere dar á la bóveda. Sobre esta cimbria se coloca una hilada de piedras ó de ladrillos; despues al lado de ella se pone otra cimbria y sobre ella otra hilada de piedras, y asi sucesivamente hasta que la bóveda tiene la longitud requerida.

Las piezas de que se compone una hilada se llaman *dovelas*, su parte esterior ó convecsa *ac*, Fig. 56, se llama el *extrado*; las dos superficies laterales *bf* y *dg*, que se hallan en contacto con las *dovelas* inmediatas, se llaman *lechos*, y las dos restantes *df* y *bg* son las *caras*.

Cuando las dos primeras dovelas que forman el arranque de un arco yacen horizontalmente sobre los pies derechos, como en Fig. 50, entonces se dice que el arco *mueve de cuadrado*; pero si dichas dos dovelas asientan oblicuamente como en Fig. 51, entonces el arco *mueve de salmér*. Los dos casos se combinan muchas veces en un mismo arco en la fortificacion subterránea.

Digitized by Google

126. Cuando se trata de construir un arco ó trozo de bóveda dentro de un subterráneo, lo primero que hay que averiguar es la direccion en que obra la presion que se quiere sostener, y cual es su intensidad. Esta intensidad es muy difícil de determinar exactamente, como ya hemos dicho (78), y por lo general hay que atenerse á los resultados de la esperiencia en cada localidad.

Averiguada la direccion y determinada sobre poco mas ó menos la intensidad de la presion, entra la eleccion de la clase de curbatura que ha de tener la bóveda, el trozo de arco que la ha de constituir y cual ha de ser su posicion y su espesor; teniendo presente que, la tangente á la curva del arco en sus dos estremos ó arranques debe ser perpendicular al plano de los pies derechos ó de la roca sobre que ellos apoyan, y que si hay alguna presion en este sentido, dicho tangente ha de estar en su misma direccion.

Determinado todo esto, se empezará por abrir el espacio necesario para la construccion de la bóveda, valiéndose de la punterola y el martillo, ó bien dando barrenos, segun sea la calidad de la roca y el espacio que hay que franquear, lo cual verificado se pasa á determinar con toda exactitud la forma, magnitud y posicion que ha de tener el arco de bóveda. Lo mejor es sacar un dibujo ó perfil de la forma que presenta la cavidad, indicando en él la direccion de la presion, y con arreglo á ella se traza la bóveda en el papel, para en seguida construir la cimbria ó plantilla de madera, sobre la cual han de colocarse las dovelas.

Cuando se franquea la cavidad para la construccion de la bóveda, hay que tener cuidado de no dejar ningun trozo de roca en falso; y en los puntos en que han de apoyar los arranques del arco hay que escavar hasta encontrar roca sana y firme. Si se ve que para encontrar el firme hay que hacer una escavacion demasiado grande, entonces se levantan muros de espesor y altura correspondientes, para sobre ellos apoyar los arranques. Si la roca es de suyo demasiado floja, ó bien que haya habido ya labores en aquel parage, ó sean *trabajos vie-*

*jos* como suele decirse en minería, en ese caso puede haber necesidad de formar un cimiento para sobre él levantar los pies derechos, y en el resto de la cavidad puede ademas ser necesario armar una entivacion provisional, ó bien una entivacion perdida.

Estando todo asi dispuesto y fijada la cimbria en su lugar, se van colocando las dovelas, empezando por supuesto por las de los arranques, y luego sucesivamente las otras, que se sostendrán provisionalmente con una tornapunta en el caso que por su posicion demasiado inclinada no baste la cimbria á mantenerlas en su puesto. La última dovela con que se cierra el arco se llama la *llave*, cuyo sitio no es indispensable que sea en el medio ni en ningun punto simétrico de la curva, ni tampoco hay necesidad de que tenga una forma distinta de las demas dovelas, pues si lo hacen asi los arquitectos es mas bien por efecto de visualidad.

Tanto la llave como las demas dovelas, no se pueden colocar siempre por arriba cuando se hace una bóveda subterránea; muchas veces hay que introducirlas lateralmente. Si la bóveda es *inversa*, es decir que, su concavidad está hácia arriba, entonces la primera dovela que se coloca es la llave, y sobre ella van apoyándose á un lado y otro las demas.

127. Como que todas las hiladas de un cañon de bóveda tienen que trabar unas con otras para formar reunidas un solo cuerpo, es indispensable que las dovelas del primer arco ó hilada sean desiguales en la longitud de una cara á otra, para que en los huecos que resultan vayan encajando las dovelas de la hilada inmediata, cuyas dovelas siendo de igual longitud presentarán los mismos entrantes á la hilada siguiente, y asi sucesivamente. Si sobre la bóveda hay que levantar fábrica de mampostería, tambien deberán hacerse desiguales las dovelas en el sentido de su espesor.

Algunos recomiendan que no deben colocarse las dovelas de modo que traben las de una hilada con las de la inmediata, porque de este modo dicen que es mas facil hacer un reparo ó compostura en un punto, sin que se resienta el resto de la obra. Lo mejor me parece que es seguir esta regla á trozos.

Digitized by Google

128. La resistencia y seguridad que presenta una bóveda consiste en que la presion la recibe por su parte convecsa ó extrados, y por lo tanto tiende á comprimirla y reducirla, á lo cual se opone la materia que se ha empleado en ella; pero como que está formada por la reunion de una porcion de piezas, cuales son las dovelas, necesitan estas tener una figura conveniente en forma de cuña, porque si hubiese una sola dovela que se escurriese ó resvalase á través de sus dos colaterales, todo el arco se vendria abajo. Por esta razon si la bóveda se ha de construir con piedra de sillería ó con ladrillos moldeados, es necesario marcar de antemano la forma de las dovelas, y para esto se traza en un papel ó en una tabla, como ya hemos dicho, la curva y el espesor que ha de tener la bóveda, bajo una escala grande; y si puede ser del tamaño natural, mejor. Despues de trazada la curva se tiran radios desde el centro ó foco de ella á la circunferencia, y si el arco es de muchos centros desde cada uno de ellos á su respectiva circunferencia, como está indicado en Fig. 52. El número de radios dependerá de la anchura que se quiera dár á cada dovela.

Cuando se emplean ladrillos ordinarios basta desgastarlos un poco con la paleta por la parte que ha de yacer en el intrado, para que de este modo forme algo de cuña.

129. Si los extrados de la bóveda llegan hasta junto á la roca, se cuidará de que aquella ajuste bien con esta, introduciendo piedras proporcionadas en los huecos que puedan resultar, y de este modo forma el todo un cuerpo unido, y se evitan los efectos de los sentimientos ó movimientos que pueda hacer la roca. Si queda un espacio mas ó menos considerable entre los extrados y la roca, se echan sobre la bóveda los escombros y zafras que se puedan tener á la mano, hasta rellenar el hueco, con cuyo peso hace mejor asiento y toma mas consistencia la fábrica.

De todos modos, aun cuando la bóveda esté enteramente libre y desembarazada por la parte de sus extrados, siempre es conveniente el *cargar la bóveda*, esto es, echar escombros ó



Digitized by Google

levantar mampostería sobre ella, para que haga mejor asiento: por no tomar esta precaucion suelen flaquear y quebrantarse muchos arcos en los subterráneos. Tambien suelen aflojar algunos arcos por falta de consistencia en los pies derechos ó puntos de apoyo; y es menester saber bien distinguir de donde proviene la falta para aplicar el remedio oportuno, de lo contrario, se gasta tiempo y dinero, y no solo no se remedia nada, sino que la fábrica queda cada vez mas insegura.

Para precaver estos inconvenientes, acostumbran en algunas minas á construir un *sobrearco*, que no es otra cosa que un segundo arco encima del primero, Fig. 57, y enteramente igual á él. Pero esto en realidad se puede llamar una chapucería, porque, si el primer arco está bien construido no hay necesidad de sobrearco: y si el sobrearco se construye mal, habrá que hacer otro sobrearco, y sobre aquel otro y asi hasta el infinito.

130. Si en el cielo ó en las paredes de la escavacion, ecsiste alguna grieta por la cual surta agua en cantidad algo considerable, lo mejor es facilitarle una salida y corriente franca á través de la mampostería, sea en los pies derechos ó por el arco mismo, pues de lo contrario el agua va poco á poco deshaciendo el mortero (si no es hidráulico) y concluye por desbaratar la fábrica. Cuando las dichas filtraciones no sean considerables, entonces bastará revestir los extrados de la bóveda con una capa de arcilla de cierto espesor.

131. Por las razones dichas en el número post-anterior, se vé la necesidad que hay de que los arcos de bóveda tengan un cierto espesor arreglado á sus demas dimensiones. El señor Baldauf, primer maquinista que fué en el distrito de Freiberg, dió en 1808 una tabla para determinar el espesor de una bóveda circular con respecto á su anchura: á ella se atienen todavía en aquellas minas, pero está demasiado detallada y minuciosa, y por lo tanto solo presentaremos un estracto de ella, reduciéndola ademas á nuestras medidas, en varas y centésimas de vara.



Digitized by Google

# TABLA DE HERR BALDAUF

PARA

## *EL ESPESOR DE LOS ARCOS DE MAMPOSTERIA*

| Anchura del arco de bóveda. | Espesor de la mampostería. |
|---|---|
| 1 *vara.* | 0,41 |
| 2 | 0,53 |
| 3 | 0,65 |
| 4 | 0,75 |
| 5 | 0,84 |
| 6 | 0,92 |
| 7 | 0,99 |
| 8 | 1,06 |
| 9 | 1,13 |
| 10 | 1,19 |
| 11 | 1,24 |
| 12 | 1,29 |
| 13 | 1,34 |



Digitized by Google

# CAPITULO III.

## HACER Y FORTIFICAR ESCAVACIONES AUSILIARES.

### §. 1.º CONSIDERACIONES GENERALES.

132. Despues de haber dado á conocer los métodos y reglas generales para hacer escavaciones y fortificarlas, entra la aplicacion de estos principios á los diferentes casos que se nos pueden presentar en los subterráneos.

Para que una escavacion se conserve abierta, bastará muchas veces darla cierta forma y ciertas dimensiones; pero en otros casos será preciso hacer obras de fortificacion, y todo esto variará segun el objeto de la escavacion, esto es, segun que ella sea auxiliar ó de beneficio, y tambien variará segun sea la calidad de la roca que hay que atravesar.

133. Las escavaciones auxiliares, como que tienen ye de antemeno un objeto determinado y una direccion marcada, se las puede y debe dar ciertas dimensiones arregladas al uso á que se aplican. Si por ejemplo han de servir solo para comunicacion entre otras escavaciones, entonces bastarán unas dimensiones, las precisas para que un hombre pueda transitar con cierta comodidad; pero si por la escavacion se ha de verificar algun transporte, en ese caso las dimensiones deben ser algo mayores, sobre todo en achura, arreglando esta á la clase de medios de transporte que se han de usar. En una escavacion que haya de servir solo para desagüe, las dimensiones deberán

Digitized by Google

ser mucho menores, y todavía podrán serlo menos en las que tengan por objeto proporcionar ventilacion.

134. Toda escavacion auxiliar se reduce por lo general á un hueco ó cavidad en forma de prisma cuadrangular, mas ó menos perfecto y muy prolongado en una de sus dimensiones. Si esta dimension, que escede considerablemente á las otras dos, es la horizontal, entonces la escavacion recibe el nombre genérico de *galería*; y si por el contrario, la dimension mayor está en el sentido vertical ó próximamente, entonces la escavacion se llama un *pozo*.

135. En toda la longitud de una galería resultarán por consiguiente cuatro paredes, á saber, la inferior ó por donde se anda, que se llama *piso*; la superior ú opuesta, que se llama *cielo*, y las otras dos que son los *costados* ó *astriales*. Las dos paredes que forman los estremos ó término de una galería, se llaman *frontones* ó *testeros*.

136. Una galería puede tener diferentes objetos, y en cada caso recibe nombre diferente. Si solo ha de servir para entrar y salir de la mina, entonces se le da el nombre de *galería* ó *socabon de entrada*; si ademas sirve para la estraccion del mineral, entonces se llama *galería de estraccion*; si su objeto es únicamente comunicar en lo interior unas escavaciones con otras, se llama *galería de comunicacion* ó *traviesa*; y por último, si por ella se verifica el desagüe, será una *galería de desagüe* ó *caño de desagüe*.

137. Iguales distinciones se hacen en los pozos. El pozo puede ser circular ó puede tener la forma de una curva cualquiera, y puede ser rectangular. Siendo rectangular sus cuatro paredes pueden ser iguales, ó solo serlo las opuestas; en este último caso los dos lados mayores se llaman los *costados*, y los dos menores los *testeros*. El estremo superior del pozo, salga ó no á la superficie, se llama la *boca del pozo*, el estremo inferior es el *fondo* ó *caldera*.

Tambien se distinguen los pozos segun el objeto á que son aplicados, y asi se dice *pozo de bajada* cuando solo sirve para entrar en la mina, *pozo de estraccion*, *pozo de bombas* ó *de des-*

Digitized by Google

*agüe*, *pozo de comunicacion ó pozo interior*, y *pozo de ventilacion* segun es su objeto. En Almaden llaman pozo, únicamente cuando su boca sale á la superficie, y á los pozos interiores los llaman *tornos*. En Rio-tinto llaman *tornos* á los primeros, y *tornitos* á los segundos.

Si por el pozo que sirve de bajada se hace al mismo tiempo la estraccion y el desagüe, entonces es un *pozo maestro*.

138. Se dice *galería inclinada*, cuando su inclinacion sobre el horizonte pasa de 8—10.° y no se aprocsima mucho á la vertical. Una galería inclinada puede tener por objeto comunicar entre sí otras escavaciones, y entonces recibe el nombre de *caña-dgria*. Tambien puede servir esta de socabon de entrada, de pozo de estraccion, y aun tal vez de caño de desagüe; pero no es lo mas natural ni lo mejor entendido.

139. La calidad de la roca influye, como hemos dicho, en la forma y dimensiones de la escavacion, y mas que todo influye en el método de fortificacion que se ha de emplear en ella; por lo tanto, será preciso clasificar las rocas bajo este punto de vista puramente de laboreo.

Los que han escrito sobre minería sin tener los conocimientos de geognosia que para ello se requieren, han apurado su imaginacion en hacer clasificaciones de rocas segun su mayor ó menor dureza, y segun sus colores, cuyo modo de clasificar solo puede tener aplicacion y ser de alguna utilidad en localidades determinadas; nosotros no harémos mérito de semejantes clasificaciones, y solo presentarémos la que nos parece mas sencilla y mas natural.

140. Las rocas que se presentan en la corteza del globo, consideradas minerilmente, esto es, respecto á la facilidad ó á la dificultad que presentan para su rompimiento y para la fortificacion, se pueden dividir en tres clases principales, á saber:

1.ª Roca firme en masa.

2.ª Roca estratificada, mas ó menos consistente.

3.ª Roca suelta;

prescindiendo por ahora de si en ellas se encuentran ó no minerales beneficiables.

Digitized by Google

*Roca en masa*; se comprenden bajo esta denominacion todas las rocas esencialmente plutónicas ó de erupcion, como son los granitos, las dioritas, pórfidos, basaltos &c. con tal que su masa tenga una estension suficiente para que toda la escavacion vaya dentro de ella, y que no sea un canto aislado ni un filon.

*Rocas estratificadas*: son las que se presentan formando capas ó lajas; bien sean ellas de origen igneo, como las que constituyen la corteza primitiva, y que hemos llamado gneísicas, ó bien sean de sedimento mas ó menos antiguo. En estas últimas varía de tal modo el grado de dureza y de consistencia que, no es posible hacer una subclasificacion esacta y detallada, y por lo tanto nos contentaremos con decir que, las rocas estratificadas pueden ser mas ó menos duras y mas ó menos consistentes.

Cuando se haga una escavacion en roca estratificada, variarán mucho los métodos de rompimiento y de fortificacion segun que, la dicha escavacion se verifique en la misma direccion de los estratos, ó bien que los vaya cortando bajo un ángulo cualquiera.

*Roca suelta*: llamaremos á toda clase de tierras, sean ellas procedentes de detritus transportados ó aluviones; sean capas que por falta de un gluten ó cemento, ó por falta de tiempo transcurrido desde su deposicion no han llegado á consolidarse; ó sean rocas en masa que, por efecto de infiltraciones y de las influencias atmosféricas, han pasado á un estado de desmoronamiento y de desagregacion total.

441. No nos ocuparemos del modo de hacer y fortificar escavaciones á cielo abierto, por ser una cosa tan sencilla que está al alcance de cualquiera; solo sí advertiremos que, al abrir estas escavaciones es menester contar con el declive natural de las tierras, si es que se hacen en roca suelta, pues de lo contrario se estaria continuamente espuesto á derrumbos y hundimientos, como desgraciadamente se vé con bastante frecuencia en algunos puntos de las Alpujarras. En las escavaciones á cielo abierto por consiguiente, la única fortificacion que puede ser necesario emplear son muros de revestimiento.

## §. 2.° *Socabones y galerías en general.*

142. El socabon ó galería de entrada, si está abierto en roca en masa bien dura y compacta, ó bien en roca estratificada que sea muy consistente, no necesitará de fortificacion. Toda roca por dura que sea, en el esterior se halla siempre algo descompuesta por efecto de las influencias atmosféricas, y esta descomposicion suele penetrar algunas veces hasta muchas varas en lo interior, por lo tanto, lo que es la boca del socabon deberá fortificarse siempre, y ademas hacer una portada que adorne algo, con su puerta fuerte de madera, para impedir la entrada ó la salida de la gente en los casos que pueda convenir.

143. Rara vez, ó por mejor decir nunca, un socabon sirve solo para entrada y salida, y aun cuando haya pozo de estraccion, siempre se hace algun transporte por el socabon; por consiguiente, las dimensiones que se le deben dar han de ser proporcionadas á que un hombre de mediana estatura, y con un gorro ó sombrero en la cabeza, pueda transitar sin agoviarse, y con los brazos un poco abiertos para poder agarrar la carretilla, ó llevar en la mano un cubo, espuerta ó cualquiera otra carga, sin tropezar en las paredes. Es decir que, el socabon debe tener sobre 2 varas y 40 cent. de altura, y 1,80 de anchura en su parte inferior, cuya anchura se puede conservar hasta una vara del piso, y de allí arriba ir disminuyendo en forma parabólica, ó bien una elipse muy escéntrica cortada por su eje menor, como manifiesta la Fig. 58. Esta es la forma que debe tener todo socabon y galería que no sea de beneficio; pero muchas veces no es posible dársela esactamente en razon á la calidad de la roca, ó á la clase de fortificacion que se emplea, y en este caso se procurará siempre aprocsimarse á dicha forma lo mas posible.

Si por el socabon hubiesen de transitar caballerías, la anchura deberá ser mayor, pero la altura la misma.

Digitized by Google

144. Las galerías de comunicacion ó traviesas, en el caso que no sean de mucho tráfico ni de mucha longitud, se les puede dar menores dimensiones, sobre todo en altura; porque, para corto acarreo no es inconveniente el que los hombres transiten un poco agoviados.

145. El socabon de entrada, y lo mismo toda galería sea de la clase que quiera, debe tener en el piso en uno de sus costados una pequeña canal ó *cuneta a*, para por ella dar corriente á las aguas que puedan filtrarse de las paredes. Consiguiente á este principio se vé que, ninguna galería debe ser perfectamente horizontal, sino con una ligera inclinacion hácia la parte por donde se quieran hacer salir las aguas, ó bien hácia la parte donde se quieran depositar para que las estraiga una máquina.

La inclinacion de las galerías para que el agua pueda correr por ella como hemos dicho, basta que sea de $\frac{1}{500}$, cuya inclinacion no perjudica para la comodidad del transporte. Por lo general todas las aguas superiores al socabon principal, se hacen salir por el mismo socabon, como veremos cuando tratemos del desagüe.

146. Si el socabon ú otra galería cualquiera está abierta en roca estratificada bien dura y consistente, como v. g. un gneis, no habrá necesidad de fortificacion; pero siempre será preciso darla cierta forma, la cual variará algun tanto segun que, la direccion de la galería vaya paralela á los estratos, ó bien que los vaya cortando oblicuamente. El primer caso está representado en la Fig. 59 y Fig. 60, y entonces se dará á la escavacion la forma general indicada en el número 143, debiendo advertir que, si las lajas de la roca no son enteramente muy consistentes, habrá de formarse la curva del cielo algo mas estrecha ó capialzada.

En el segundo caso, que es cuando la direccion de la galería va cortando oblicuamente los estratos, ó por mejor decir, cuando la estratificacion de la roca se halla en posicion inclinada, como en Fig. 61 y Fig. 62, entonces se tratará de aprovechar la consistencia de las lajas, dejando sin quebrantar la



Digitized by Google

parte de ellas *ab*, pero tendiendo siempre á dar á la escavacion su forma elíptica en la parte superior. La cuneta se abre junto al ángulo *c* porque, la gente que transita no puede acercarse á él con facilidad.

### *Entivacion de las galerías.*

147. Si hay necesidad de entivar una galería abierta en roca estratificada, habrá que tener cuidado de colocar las ademas perpendiculares al plano de los estratos (78), de modo que, segun sea la posicion de estos, así resultará la colocacion de aquellas. Teniendo presente este principio, y haciéndose cargo de cuál es la parte que flojea, fácil es saber cuál es la clase de entivacion que se debe emplear; daremos sin embargo algunos egemplos.

148. Si en el caso de que los estratos están inclinados, Fig. 63, flojea la roca por la parte A, bastará colocar un estemple *a*, que contendrá á los estratos B para que no se desmoronen por falta de punto de apoyo, y estos estratos estarán mejor sostenidos si la cabeza del estemple asegura en un galápago.

149. Cuando los estratos están verticales, Fig. 64, si es la roca A del cielo la que flojea, será preciso poner un estemple adintelado, porque hay que contener la presion que viene del cielo, y ademas impedir el movimiento de los costados. Si las lajas de estos costados no son muy consistentes, convendrá apoyar el estemple por uno ó por ambos estremos en un galápago, el cual se colocará vertical ú horizontalmente, segun convenga. Si se ha colocado una camada de estemples adintelados y que la roca del cielo sea demasiado desmoronable, se armará una encamacion mas ó menos espesa, segun sea el estado de descomposicion de la roca.

150. Cuando los estratos estan horizontales, Fig. 65, si es igualmente el cielo el que flojea; bastará poner un puente ó una série de ellos, que apoyarán en la roca de los costados siempre que ella sea firme; pero si estos tambien flojean, en ese caso habrá que sostener el puente con dos peones, resul-

Digitized by Google

tando lo que llamamos una *portada*, Fig. 66, y entonces el puente recibe el nombre de *capa*. Una capa apoyada en la roca por el un estremo, y sostenido su otro estremo por un peon, constituye una *media portada*. Fig. 67.

151. En algunas minas acostumbran á hacer que, tanto las portadas como las medias portadas estrechen un poco por la parte superior, de modo que los peones no quedan verticales sino un poco inclinados hácia lo interior de la galería, á cuya inclinacion llaman *acópe*. Yo no veo en esta disposicion otra ventaja que, la de poder aprovechar para capas maderos mas cortos y menos gruesos, pero el total de la armadura queda menos firme. Lo que puedo decir es que en Rio tinto, todas las portadas que se descubren de las construidas en tiempo de los suecos y de don Tomás Sanz, que trabajaron aquellas minas á fines del siglo pasado, están acopádas, y en todas ellas se encuentran destruidas y tronchados los peones, á pesar de ser de madera de encina, y muy gruesos; y por el contrario, las portadas romanas, que no tienen acópe, se encuentran casi todas ellas sin haber hecho el menor movimiento, despues de mas de diez siglos que hace fueron colocadas, como se puede ver en la actual cañería de cementacion.

152. El revestimiento de portadas y médias portadas es el método mas usado para fortificar con madera las galerías, pero no siempre es el mas conveniente. Es cierto que las portadas hacen muy buena visualidad, y que se cree uno mas seguro cuando se halla encerrado entre madera y sin ver nada de roca; pero el buen ingeniero de minas desea ver su terreno, para poder, precaver el peligro; mal podrá un marinero defenderse contra las olas, si está metido bajo de escotilla. Prescindiendo de esto, en los casos como el de Fig. 63, la fortificacion de portadas no es de ningun modo la que mejor llenaria el objeto.

153. Si el piso de la galería no es roca bastante consistente para hacer en ella las huidas para las culatas de los peones en ese caso se coloca en la parte inferior un *atravesado*, esto es, una adéma horizontal que sirve como de puntal para contener las dos culatas contra las presiones laterales, y resulta

lo que se llama una *armadura en cárcel*, ó un *encofrado*. Detras de los peones puede haber necesidad de poner un encostillado, y sobre las capas una encamacion. Fig. 68.

154. En lo dicho sobre entivacion de galerías, hemos supuesto tácitamente que, despues de abierta la escavacion ha sido cuando hemos echado de ver la necesidad de fortificarla en algun punto, ó en una cierta estensíon; pero si la roca es demasiado floja, podrá ser necesario ir fortificando la escavacion al mismo tiempo que se va haciendo el rompimiento, de lo contrario se nos vendria la tierra encima, y nunca obtendriamos una cavidad. Este modo de escavar y fortificar al mismo tiempo, se llama *labor en avance* ó de *franqueo*, y es una de las mas difíciles que se pueden ocurrir en los subterráneos.

La labor en avance en las galerías de las minas, acostumbra á hacerse siempre con enmaderacion, pues aun cuando se quiera poner despues mampostería, es preciso empezar el franqueo con una entivacion perdida.

155. Supongamos primero que los dos costados de la galería sean de roca firme, y que solo el cielo es flojo y desmoronadizo, de modo que no se puede avanzar sin ir armando un techo artificial, cuyo techo por decontado tendrá que ser plano ó de cuadrado. Se empieza por colocar un puente *a*, Figura 69, ó bien un estemple adintelado, segun lo exija la calidad de la roca de los astiales ó costados; pero de todos modos ha de ser un rollizo, para que haya menos rozamiento en las operaciones siguientes:

Por entre el puente y la roca se introduce un encostillado *de*, el cual podrá ser de tablas, de medios rollizos (*) ó de rollizos enteros, segun la presion que hayan de resistir, y segun que la roca sea mas ó menos suelta. De todos modos las costillas no deben pasar de 2½ varas de longitud, y deben terminar en una punta roma, para que entren con mas facilidad. A medida que va avanzando la escavacion se van intro-

(*) Se llaman medios rollizos á los rollizos aserrados por medio en el sentido de su longitud.

Digitized by Google

duciendo las costillas á golpe de mazo, de modo que los picadores estan siempre guarecidos y protegidos por ellas, y cuando ya sobresalen una vara fuera del primer puente ó estemple, se coloca otro segundo *b* en la misma forma que el primero, pero unas 0,75 (9 pulgadas) mas alto, para que las costillas tomen una posicion inclinada con respecto al techo de la galería. Cuando el encostillado ha avanzado una vara sobre el segundo puente, se coloca otro tercero *c*, 0,75 mas alto, pero no necesita ser tan grueso como los dos anteriores; y con esto queda armado el primer trozo de encostillado.

Para armar un segundo trozo se empieza por colocar un puente ó estemple bien fuerte *a'* debajo del último *c*, y de modo que entre ambos quede solo el espacio preciso para que puedan entrar las costillas; por lo demas se siguen las mismas reglas que para el primer trozo, y del mismo modo se va armando un tercer trozo y todos los que sean necesarios mientras dure la flogedad de la roca.

Para sujetar mejor entre sí los diferentes trozos de armadura se meten cuñas entre el estemple delgado ó *cabezero c*, y el *fundamental a'* correspondiente, bien sea por encima ó por debajo de las costillas. El mérito y la dificultad de esta labor consiste en que, despues de ejecutada presente una buena visualidad, sin que por eso esté menos firme, es decir, los puentes ó estemples deben estar todos en posicion uniforme y paralelos unos con otros; el encostillado debe presentar una superficie plana en cada trozo, y por consiguiente las costillas paralelas entre sí; y á pesar de toda esta uniformidad y simetría, no debe haber un palo ni una tabla que no esté bien sujeto y bien firme en su posicion, sin necesidad de cuñas que lo aseguren, pues las cuñas al fin es un remiendo como ya hemos dicho.

156. Si en lugar de ser solo el cielo el que necesita la fortificacion en avanze, es ademas uno de los costados de la galería, en ese caso se seguirá el mismo principio, con la diferencia que cuando en el caso anterior se colocaba un estemple, ahora habrá que armar una media portada, y que el encostillado irá sobre la capa y por detras del peon.

Digitized by Google

157. Cuando flojeen el cielo y los dos costados se armarán portadas; por encima de la capa y por detras de los dos peones se introducirán las costillas, la tercera portada de cada trozo de armadura no necesisa tener sus adémas tan gruesas como las otras; en fin, todo se hará de un modo análogo al esplicado para el resguardo del cielo.

158. Otro sistema de labor en avanze con entivacion, es el de *portadas unidas*; es el usado en Altenberg para atravesar aquel gran promontorio de cantos, y que muchas veces basta solo remover uno de su lugar, para que haya un movimiento general en cuasi todos ellos; por consiguiente, para atravesarlo con galerías es preciso avanzar con la mayor precaucion, y fortificando con la mayor solidéz. Las adémas que alli emplean son rollizos de pino, de un pie de diametro cuando menos.

El punto de partida que escogen para internarse en aquellos derrumbos, está por decontado ya bien seguro y fortificado, por consiguiente, el armar la primera portada en la direccion que ha de llevar la galería, no presenta dificultad ninguna. Para armar la segunda portada empiezan por franquear el parage en que ha de ir la capa, presentan esta en su sitio sujetándola á la capa de la portada anterior, por medio de dos palos ó listones de 2 pies de largo y 2—3 pulg. de grueso; ademas ponen un puntal inclinado que, apoyando su culata en parage firme, sostenga por su medio á la nueva capa. Hecho esto, se franquea el lugar para uno de los dos peones, labrando la huida para su culata en roca firme, ó bien en un canto grueso, si casualmente se encuentra allí; se coloca el peon por el método ordinario, y se ajusta con el estremo correspondiente de la capa: por el mismo método se coloca el otro peon, y queda armada la portada; se quitan los dos listones y el puntal, y se pasa á armar la portada siguiente, y así sucesivamente. La labra de las adémas para su ajuste respectivo (87) la tienen hecha de antemano.

159. Toda entivacion, sea de la clase que quiera, necesitará ser renovada al cabo de mas ó menos tiempo. Esta renovacion se puede hacer de dos modos, 1°. colocando las nuevas

adémas entre los claros ó intervalos de las antiguas, y no tocando á estas hasta que se vayan cayendo por sí mismas. 2.° ir desde luego arrancando las adémas antiguas y sustituyéndolas sucesivamente por otras nuevas. Este segundo método es muy delicado, pero muchas veces es indispensable hacerlo, porque las adémas se hallan colocadas en el punto preciso para resistir las presiones, y fuera de allí no harian efecto. Antes de remover una adéma de su lugar, es preciso sostener y apuntalar el resto de la armadura que tenga relacion con ella, y la nueva adéma debe estar ya labrada y arreglada, para poderla colocar en su sitio inmediatamente que se ha quitado la vieja.

Tambien suelen ponerse puntales y otra clase de remiendos para sostener entivaciones que han falseado, ó que han hecho movimiento; pero esta es una economía mal entendida: lo mejor en un caso semejante es volver á armar de nuevo la entivacion.

### *Trabajos Viejos.*

160. Otra de las labores delicadísimas y de mucho riesgo que se ofrece en las minas es, atravesar trabajos viejos ó derrumbos de labores antiguas, y mucho mas peligroso todavia si no se poseen los planos y dibujos de ellas, como es el caso la mayor parte de las veces.

Si se presume que puedan ecsistir aguas detenidas y comprimidas, toda precaucion que se tome es poca; mas vale pecar por carta de mas que por carta de menos cuando se trata de la seguridad de los individuos. En la mina de ulla de Bois Monzil, junto á St. Etienne en Francia, el 2 de febrero de 1831, un golpe desgraciado de barreno dió salida á las aguas detenidas en unas labores antiguas, y se inundaron instantáneamente las que estaban en actividad, en las cuales se hallaban en aquel momento 26 operarios y un empleado; once de ellos pudieron ponerse en salvo desde luego, ocho perecieron, y ocho fueron redimidos al cabo de cinco días de trabajos penosísimos. (*)

(*) Annales des mines 2me. Serie 5me. libraison. 1831.

161. Los barrenos de flor tienen aqui su mejor aplicacion, como ya hemos indicado (45). Por via de precaucion se deben habilitar todas las cañas ágrias y todos los pozos inmediatos al sitio de labor, y aun abrir otros nuevos, proveyéndolos de escalas y de maromas, para que se pueda salvar la gente en caso de un accidente. Si las comunicaciones con los pozos están demasiado distantes del punto en que se teme una avenida de agua, se levantan de trecho en trecho unos muros de mampostería hasta la mitad ó los dos tercios de la altura de la galería, y provistos con una puerta que se abra hácia el sitio de labor. De modo que, huyendo la gente cuando aperciben el golpe de agua, pueden pasar por la puerta y cerrarla tras sí, ó bien la cierra el agua misma, quedando esta contenida por el muro; y para cuando lo rebosa ya han tenido tiempo los mineros de llegar al otro malecon ó muro de mampostería. Si la galería y por consiguiente el malecon es demasiado elevado, se tiene arrimada á él una escala, ó bien se dispone un saltadero cómodo, por si el agua ha cerrado ya la puerta para cuando llegan á ella los mineros.

Lo mas prudente sin embargo, es, evitar en lo posible el meterse en trabajos viejos, á menos que no se tenga una certeza de encontrar en ellos minerales muy productivos, ó que de atravesarlos resulte una gran economía para el tránsito, para el acarreo ó para la ventilacion.

### *Fortificacion de mampostería en las galerias.*

162. La fortificacion de mampostería variará, igualmente que la entivacion, segun sea la pared ó el punto de la galería que se necesite sostener, y varian tanto los casos que se pueden ocurrir que, sería muy largo el querer manifestarlos todos. El buen ingeniero ocurrirá siempre al remedio, teniendo presente la seguridad y al mismo tiempo la posible economía en las obras. La simple inspeccion de las Fig. 70, 71, 72, 73 y 74 dará una idea de la diversidad de métodos, que pueden ser necesarios emplear en la fortificacion de las galerías con mampostería.

Digitized by Google

163. En las minas de Almaden, como hay tanta escasez de arbolado, y que la potencia de aquellas vetas es tan considerable, cuasi toda la fortificacion se hace de mampostería. Hay obras muy notables y muy bien entendidas, tanto por la magnitud de los arcos como por las combinaciones de ellos. Entre 7.° y 8.° piso, en el punto de union ó por mejor decir, de contacto, de las vetas de San Francisco y San Nicolas, hay construido un arco que tiene 12½ varas de cuerda ó anchura: en el 8.° piso, en la parte de la veta de San Diego llamada San Pedro, hay otro arco de 17 varas de cuerda, 4 varas de largo y 1¼ de espesor. De esto se vé poco en ninguna mina.

Por lo que hace á combinaciones de arcos, los mas dignos de citarse son, los construidos en el anchuron de Santa Clara en el 6.° piso, y cuyo dibujo geométrico debemos á la amistad de nuestro compañero don Ramon Pellico.

La Fig. 75 representa la planta, ó sea una seccion horizontal dada por los pies derechos que sostienen aquellos arcos; la Fig. 76 es un corte ó seccion vertical por la línea A B de la Fig. 75. En el pilar Carrancan ó vienen á apoyarse cuatro arcos de diferentes dimensiones, lo cual ha escitado la idea de una *pata de gallina*, que es el nombre que les han puesto aquellos mineros.

164. La labor en avance ó de franqueo en las galerías subterráneas, hemos dicho (154) que acostumbra á hacerse con entivacion; pero tambien podria hacerse desde luego con mampostería, tomando egemplo de lo practicado por M. Brunel en el *Tunnel* ó puente subterráneo por debajo del Támesis en Lóndres; obra que hace honor al dicho ingeniero, no solo por lo bien concebido del proyecto, sino por las inmensas dificultades que se le han presentado en su ejecucion, y que hasta ahora las ha vencido todas ellas con el mayor tino é inteligencia, á lo cual indudablemente ha contribuido en gran parte la serenidad, intrepidez, buen órden y mucha subordinacion de los operarios que trabajan á sus órdenes. En todas las operaciones de riesgo y de peligro, sino hay una obediencia ciega á la voz del que manda ó preside á ellas, por mas inteligencia que



Digitized by Google

tenga el gefe, nunca podrá salir avante con su empresa; y esta es una mácsima que debe tenerse muy presente en los incendios, en los hundimientos y en las inundaciones que pued en sobrevenir en los subterráneos; con gritar y dar cada uno su voto no se adelanta nada. Pasarémos á dar una ligera idea del Tunnel de Londres, en cuanto tiene relacion con la parte que nos ocupa.

168. La galería del Tunnel cuando esté concluida, tendrá 1300 pies ingleses de longitud, y comunicará á la superficie por medio de dos pozos verticales, uno en cada estremidad, de 64 pies de profundidad. La seccion vertical y perpendicular á la direccion de la galería está representada en la Fig. 77, y en ella marcadas sus dimensiones. Despues de revestida de mampostería quedan formadas dos calles ó galerías A y B, separadas una de otra por medio de una série de pilares á cierta distancia unos de otros.

Como las dimensiones de la escavacion son tan considerables, hubiera sido muy costoso el hacer la labor de avanse con entivacion por cualquiera de los dos métodos indicados (157) y (158), y se le ocurrió á M. Brunel construir lo que él ha llamado el *escudo*, y que hemos representado en Fig. 78 visto de frente y de costado.

Este escudo no es otra cosa que una armudura de hierro colado, exactamente del mismo tamaño que el frente de la escavacion. Está dividido en 12 compartimentos ó trozos independientes, y en cada compartimento tres nichos en el sentido vertical; resultando por consiguiente que cada nicho tiene 7 pies de alto y 3 de ancho, lo preciso para la colocacion de un operario, y que pueda trabajar en él con cierta comodidad. El cielo del escudo, ó por mejor decir el cielo de cada compartimento independiente tiene 8 pies de longitud en el sentido de la direccion del Tunnel, y su parte posterior se halla desembarazada de modo, que debajo de ella se puede subir una hilada de mampostería en la forma completa del revestimiento. El frente de cada nicho está formado por ocho ó diez tablones horizontales independientes, pero bien ajustados entre sí y

sujetos á la armadura de hierro por medio de unas varillas ó barras tambien de hierro.

No se trabaja á la vez mas que en seis compartimentos, uno sí y otro no. Cada operario en su nicho quita un tablon, escava en este hueco nueve pulgadas de profundidad ó avanze, vuelve á colocar el tablon adelantándolo las nueve pulgadas escavadas, y lo sujeta con sus dos varillas, apoyandolas en la armadura de los dos compartimentos laterales en que no se trabaja. Vá despues haciendo sucesivamente lo mismo con los demas tablones, hasta que avanza las nueve pulgadas todo el fronton de su nicho. Cuando los tres operarios del compartimento han hecho esta operacion, se hace adelantar la armadura por medio de unas roscas que apoyan en la mampostería, hasta llegar á unir con los tablones, y entonces se desenganchan las varillas que sujetaban á estos en los compartimentos colaterales.

Cuando los seis compartimientos han avanzado las nueve pulgadas, descansan aquellos operarios y hacen la misma operacion los de los otros seis compartimentos, y una vez avanzado todo el escudo, se construye inmediatamente la mampostería correspondiente, y asi se continúa alternativamente mientras no haya alguna avería que impida trabajar.

Algunas veces se les ha infiltrado el agua del Támesis dentro del Tunnel, cuya avería asustó mucho la primera vez que se verificó; pero en el dia ya no da ningun cuidado. Tapan con cal hidráulica todas las junturas y uniones del escucudo con la mampostería, y suspenden la obra hasta remediar el daño. Para cortar la infiltracion, arrojan al fondo del Támesis, en el punto correspondiente á donde ha resultado aquella, una porcion de sacos de arcilla, y luego que estos han hecho su asiento, vuelven á continuar la labor.

En el dia el Tunnel tiene ya mas de 800 pies de longitud, es decir, que las mayores dificultades estan vencidas.

### §. 3.º *Pozos.*

166. La apertura y habilitacion de los pozos merece un estudio particular que empezaremos ahora, y lo completaremos

en la segunda y tercera parte cuando tratemos de hacer transitables las escavaciones, y de hacer por ellas la estraccion de los minerales arrancados en los subterráneos.

La forma y dimensiones de un pozo dependerán de la clase de roca que hay que atravesar, y dependerán tambien del objeto á que se destine el pozo. Si la roca es bien dura y consistente se podrá dar la forma que se quiera, rectangular, elíptica, ó circular; pero si la roca es estratificada, la forma mas conveniente será siempre la rectangular; y lo mas ventajoso y mas económico será, abrir el pozo siguiendo la inclinacion de los estratos, porque entonces, no solo es mas fácil el rompimiento, sino que tambien es mas sencillo el método de fortificacion, en caso que se necesite. Sin embargo, en ciertas circunstancias deberá abrirse el pozo verticalmente en roca estratificada porque, aun cuando sea mas costoso y mas dificil de fortificar, en razon á que hay que ir siempre cortando los estratos, puede muy bien esta desventaja hallarse compensada por la menor longitud que tendrá el pozo para llegar á la misma profundidad. De aquí se infiere naturalmente que, será contra toda regla de economía el abrir un pozo inclinado y que vaya cortando la estratificacion; porque entonces se reunen las dos desventajas.

Lo dicho se entiende cuando haya eleccion en la direccion que hemos de dar al pozo, pues si los dos puntos que hay que poner en comunicacion están ya determinados por las necesidades del laboreo, no habrá mas remedio que abrir el pozo en la direccion marcada, sea la que quiera la clase de roca y su estratificacion.

En roca suelta es muy complicado y dificil hacer un pozo inclinado; siempre se hacen verticales.

167. El modo de abrir y fortificar un pozo dependerá, no solo de la clase de roca que hay que atravesar, sino tambien segun se empiece la labor de abajo para arriba, ó de arriba para abajo. En el primer caso, lo material del rompimiento es mas costoso porque, los operarios tienen que trabajar en una posicion muy incómoda, labrando siempre *á cielo*; hay que ir

armando un tablado, y este tablado hay que irlo subiendo y renovando á medida que avanza la labor, para que los operarios tengan un piso sobre que estar; es mas difícil el resguardarse del efecto de los barrenos y desprendimientos de la roca que se va labrando. Si el pozo no es enteramente vertical, estos inconvenientes disminuyen mucho, y de todos modos hay ciertas ventajas en abrir los pozos de abajo para arriba; primera, no hay que lidiar con el agua que es uno de los mayores enemigos del minero: el agua entonces toma su curso natural, y va á reunirse con las demas de la mina al parage destinado para recogerlas. Segunda ventaja, los escombros que van resultando no embarazan para trabajar, porque se van cayendo á medida que se arrancan. Tercera, si hay necesidad de fortificar el pozo, no ofrece dificultad ninguna, porque, sea entivacion ó sea mampostería, se va armando por el método ordinario de toda construccion, es decir, empezando por el cimiento y edificando hácia arriba.

Si el pozo se abre de arriba para abajo, ó lo que se llama *labor de caldera*, hay que empezar por armar un torno de mano, para ir estrayendo los destrozos de roca á medida que se arrancan; este mismo torno, provisto de cubos ó de zacas, puede servir para la estraccion del agua, pero si el agua es muy abundante habrá que establecer otra clase de máquina como diremos en su lugar. Si se dan barrenos, habrá que disponer la salida del pozo, bien sea con escalas, ó bien con cuerdas, de modo que la gente pueda ponerse en salvo con facilidad, y siempre será conveniente dejar la pajuela un poco mas larga de lo regular, para que tarde mas en verificarse la esplosion.

168. De lo dicho se infiere que, si la roca es bastante consistente para no necesitar fortificacion y que al mismo tiempo no dé ella paso á las filtraciones de agua, será mas ventajoso el abrir el pozo con labor de caldera. Si hubiese una premura de poner pronto en comunicacion por medio de un pozo dos puntos de la mina, en ese caso se emprenderá la labor por ambos puntos á un tiempo, en el uno de cielo y en el otro de caldera. Pero es preciso tener presente que, para abrir un po-

Digitized by Google

zo con labor de cielo, es indispensable que ecsistan ya otras labores inferiores á él; quiere decir que, en los pozos interiores de comunicacion, se podrá elegir el método que mas convenga para su apertura, pero los pozos maestros y de desagüe habrá precisamente que abrirlos con labor de caldera porque, son las obras que deben ir siempre mas avanzadas en una mina bien dirigida.

### *Entivacion de pozos.*

169. Como por lo general los pozos deben estar abiertos durante mucho tiempo, esto es, mientras las labores permanezcan en actividad, se acostumbra á fortificarlos con mucha mas solidez que ninguna otra clase de escavaciones, haciendo un revestimiento completo, ó lo que hemos llamado un encarcelado.

170. Si solo flojean los testeros, y que los costados sean bastante unidos y consistentes, bastará colocar una série de estemples, mas ó menos distantes entre sí, arrimados á los testeros, y que apoyen perpendicularmente sobre ambos costados. Es muy conveniente el ir colocando algunos de estos estemples cuando se va abriendo el pozo, sea hácia arriba ó sea hácia abajo, aun cuando la roca no flojée, porque ellos sirven de fundamento ó de apoyo para cualquiera obra que pueda despues ser necesario establecer en el pozo, como cortaduras, boquetes, tubos de bombas, escalas de bajada, &c.

171. Si la apertura del pozo se hace con labor de cielo, ya hemos dicho que su fortificacion no presentará dificultad, y se podrá establecer la clase de entivacion que mejor convenga, empezando por abajo. Si la flojedad de la roca es en corta estension, tampoco presentará la mayor dificultad el revestir aquel trozo de pozo, aun cuando se venga abriendo de caldera; se sostendrán las paredes provisionalmente con tablas y puntales, y en llegando á la roca firme se subirá revistiendo como corresponde. Lo que presenta mas dificultad es cuando hay que abrir un pozo con labor de caldera en tierra floja ó poco consistente, y que hay por consiguiente

que revestirlo á medida que se va abriendo, que viene á ser una especie de labor en avanze. Vamos á ocuparnos de esto.

172. Esta labor en avanze *descendente*, viene en realidad á ser la misma que la esplicada para las galerías. Se empieza por guarnecer la boca, ó sea armar el *brocal* del pozo Fig. 79, con cuatro adémas labradas ó sin labrar, y que se crucen ó sobresalgan sus estremos tanto mas, cuanto mas floja sea la roca en la superficie. Las dos adémas mayores *ab* se llaman las *maestras*, las dos mas cortas *cd* los *cruzeros*.

Por detras de la armadura del brocal se van introduciendo las costillas á golpe de mazo, bien sean tablas, rollizos, ó medios rollizos, *e. e. e.*, y luego que han entrado cosa de una vara, se coloca la primera cárcel *fgmh*, Fig. 80, que debe siempre ser de adémas enterizas, ó cuando mas labrabas á una cara, la del asiento contra las costillas. Esta primera cárcel debe ser un poco mayor que el brocal del pozo, para que las costillas entren inclinadas, como se representa en la Fig. 81. Para armar dicha primera cárcel, se presentan primero los cruceros contra las costillas de los testeros, sosteniéndolos provisionalmente con unas tornapuntas; luego se colocan las maestras para sujetar estos cruceros, haciéndolas entrar sobre ellos con ajuste forzado de media caña. Para mayor seguridad de la armadura, puede haber necesidad de poner un codál delante de cada crucero, para que sujeten por sus dos estremos á las maestras, y las impidan de ceder á las presiones laterales.

Colocada la primera cárcel, se siguen introduciendo las costillas y luego se pone la tercera armadura ó sea la segunda cárcel *ab*, con adémas algo mas delgadas que las anteriores, y con esto queda guarnecido el primer trozo.

Para armar el segundo trozo de revestimiento, habrá que colocar una cárcel maestra ó fundamental *dmc* al mismo nivel y un poco separada de la última anterior, y por entre estas dos cárceles se irá introduciendo el nuevo encostillado, por el mismo método que se ha dicho para el primero, y asi sucesivamente.

En las esquinas ó ángulos del pozo van quedando unos

huecos, en los cuales no se pueden inrtoducir costillas por el método indicado : para rellenar estos huecos, se coloca en cada uno de ellos un rollizo proporcionado *Ah*, y que va de una cárcel á otra ; el rollizo ó puntal *hd* apoya su culata en la cárcel maestra del trozo inmediato inferior de revestimiento, y de este modo resulta unida y asegurada toda la enmaderacion.

173. Aun cuando la labor sea en realidad descendente, la entivacion puede irse armando á trozos, y en cada trozo ser ascendente, construyéndola del modo siguiente :

Luego que ha profundizado el pozo á 4 ó 5 varas, se arma en su fondo un marco ó cárcel fundamental CD, Fig. 82, abriendo en las paredes unas huidas, para que en ellas entren las cabezas de las adémas mas ó menos, segun sea la consistencia de la roca. En seguida se presentan las costillas, introduciendo sus culatas por detras de las adémas de la cárcel fundamental, y se las hace venir á su posicion contra las paredes del pozo, sosteniéndolas provisionalmente con bantrotes y puntales. Hecho esto, se van armando las cárceles de abajo para arriba y á mas ó menos distancia unas de otras, segun sea la intensidad de las presiones y la resistencia de las costillas que se emplean. El brocal del pozo será por consiguiente lo último que se arme, y servirá para resguardar el todo de la armadura. Se revisarán todas las cárceles por si alguna ha aflojado y hay que volverla á asegurar.

Despues de revestido el primer trozo, se sigue profundizando la escavacion del pozo para revestir otro trozo CDFE del mismo modo que se ha hecho el primero, y luego otro tercero y los que sean necesarios. La última cárcel superior *mn* de cada trozo de revestimiento, debe ajustar muy bien contra la armadura fundamental del trozo superior inmediato.

174. Tambien se puede revestir un pozo sin necesidad de encostillado, y esto se hace de diferentes modos. 1.° Abierta ya una cierta profundidad del pozo, se establece una cárcel fundamental por el método que acabamos de decir, é inmediatamente sobre ella se van armando sucesivamente otras, hasta

llegar á la parte superior del pozo ó del trozo que se trata de fortificar.

Las adémas que forman cada una de estas cárceles deben ser enterizas ó rollizos, y pueden ajustar de pie de mulo ó bien á media caña; pero en este último caso podrá ser necesario añadir unos codales para sostener las maestras. (172)

2.° Abierta la cavidad que se trata de revestir, se coloca un pie derecho enterizo en cada una de las esquinas ó ángulos del pozo, y sobre ellos van apoyando, con ajuste de media caña, las adémas que han de formar las cárceles, Fig. 83. Los pies derechos pueden apoyar sobre una cárcel fundamental.

3.° Puede no ser un encarcelado perfecto, sino solo estemples que sostengan alternativamente, los unos á los costados, y los otros á los testeros del pozo, como lo demuestra la Figura 84. En este caso es claro que, puede haber necesidad de abrir huidas, y colocar bantrotes, galápagos, carreras, &c., segun sea la calidad de la roca.

175. En todos estos métodos de entivacion, se pueden presentar casos y accidentes que, es imposible preveer y detallar de antemano, y á los cuales debe ocurrir el ingeniero segun ecsijan las circunstancias. Mientras no se haya dirigido la entivacion de un pozo, no se sabe revestir un pozo por mas teoría que se haya estudiado; pero hay la diferencia que, un ingeniero adornado de los conocimientos necesarios, el primer pozo que tenga que fortificar lo hará como corresponde, aun cuando le cueste discurrir un poco; y el que no tenga los conocimientos preliminares, echará á perder una docena de pozos antes de aprender á fortificar uno bien.

### *Revestimientos hidráulicos.*

176. Las filtraciones de agua que salen por las paredes del pozo pueden llegar á ser tan abundantes que, perjudiquen el objeto para que está destinado. Tambien puede ser necesario algunas veces el caso inverso, esto es, conservar el agua dentro del pozo sin que se salga ni impregne á través de la roca.



Digitized by Google

En ambos casos habrá que hacer un revestimiento *impermeable* es decir, que no pueda ser atravesado por el agua.

177. Esta clase de revestimientos se hacen siempre de abajo para arriba, aun cuando la escavacion sea de caldera, por consiguiente, hay que hacerlo á trozos. Las paredes del fondo del pozo, ó del trozo que se vá á revestir, se labran cuidadosamente para formar un asiento bien liso, igual y horizontal en que descanse la primera cárcel ó sea la fundamental A B. Fig. 85. En el caso de que el revestimiento haya de continuar por la parte inferior, se colocan provisionalmente dos fuertes puentes *a* y *b* debajo de la dicha cárcel para su mayor seguridad. Sobre esta cárcel se van colocando sucesivamente otras *c*, *c*, hasta completar el revestimiento necesario.

Las adémas con que se arman todas estas cárceles deben ser de madera de encina, ó bien de la mas compacta de que se pueda disponer: deben estar labradas á cuatro caras, y los ajustes serán de pié de mulo ó á medias maderas.

Despues de colocada cada cárcel, se sujeta á la inferior con grapas de hierro, y los huecos que pueden resultar entre la cárcel y las paredes del pozo, se van rellenando con un betun hecho de brea, cal y arena, ó con un buen mortero hidráulico.

178. En las minas de ulla de Anzin en Francia, se ven muy acosados por las aguas, y por lo tanto necesitan hacer en sus pozos un revestimiento bien compacto é impermeable. Para esto, luego que el pozo tiene la profundidad conveniente, colocan en su fondo la cárcel fundamental, sostenida provisionalmente con sus correspondientes puentes ó estemples adintelados, pero la hacen un poco mas pequeña que la anchura de la escavacion, para que resulte un intervalo ó hueco entre las adémas de la armadura y las paredes del pozo, Fig. 86. En medio de este intervalo, y paralelamente á cada pared, colocan de canto una tabla *c* que viene á levantar tanto como el grueso de la adéma. Entre cada tabla y la pared correspondiente meten musgo ó estopa bien comprimida, y en seguida pasan á hacer el acuñado *b*, *b*, que se reduce á una serie de

Digitized by Google

cuñitas de madera, introducidas verticalmente á golpe de martillo, entre cada tabla y su adéma correspondiente. Estas cuñas se ponen todo lo mas apretadas posible, y cuando ya no caben mas, se abren en ellas unos huecos con un escoplo de hierro, para introducir otras nuevas mas delgadas, y asi se continúa hasta que el escoplo no hace mella en el acuñado. La madera de las cuñas debe estar bien seca.

Estando asi dispuesto se pasa á armar lo que llaman el *cuvelage*, es decir, á ir colocando las demas cárceles unas encima de otras como hemos dicho antes. Cada una de estas cárceles lleva una tira ó cinta de lona, ó de otra tela fuerte, clavada en su costado esterior, esto es, en la cara de las adémas que cae hácia la pared del pozo, y cuyo objeto es tapar la union ó jantura con la cárcel inferior, y que por esta union no se salga la argamasa hidráulica, que se va echando entre cada cárcel y la roca.

Cuando se ha llegado con el cuvelage á la cárcel fundamental del trozo superior, se quitan los puentes de sostenimiento, y se ajusta con aquella la última cárcel del cuvelage inferior, por medio de un acuñado horizontal bien compacto. Y por último, se calafatea todo el interior del revestimiento, metiendo estopa por todas las junturas que puedan haber quedado flojas, y recubriéndolas despues con un baño de pez ó brea.

## *Mampostería en los pozos.*

179 Sea que el pozo se abra con labor de cielo ó con labor de caldera, lo que es la mampostería que en él se emplée, tendrá que hacerse siempre de abajo para arriba, porque un sillar no se puede colocar ni asentar sin que tenga debajo un apoyo ó sostenimiento. Lo mas que se podrá hacer es fortificar primero un trozo, y despues otro inferior; pero en cada trozo, los sillares inferiores han de colocarse precisamente los primeros, y el sillar superior el último. Lo general y mas comunmente usado es, ir profundizando la escavacion y soste-



Digitized by Google

niendo las paredes del pozo con una entivacion provisional, hasta tanto que se llega á roca firme y sólida, que pueda servir de cimiento ó base al revestimiento, Fig. 87. La escavacion de la parte del pozo que se ha de fortificar, ha de tener todo el hueco que se piensa dar al pozo, mas el grueso que ha de tener la mamposteria del revestimiento: en la roca firme *A*, las dimensiones son exactamente las que ha de tener el pozo, y de este modo resulta un saliente que sirve de base á la mampostería.

180. La forma mas ventajosa, esto es, la que presenta mas resistencia, y que por consiguiente dá mas seguridad al revestimiento de un pozo, es la circular; sin embargo, no es la mas usada en las minas, en razon á que los pozos, sean de estraccion ó de desagüe, suelen servir al mismo de bajada, y para proporcionar ambas cosas es preciso dar al pozo una forma prolongada, lo cual se consigue haciéndolo elíptico. Lo que es perfectamente rectangular no debe hacerse un pozo que haya de revestirse con mampostería: los testeros serán rectos, pero los costados estarán mas seguros si se les da una forma arqueada ó abovedada, cómo en Fig. 88.

181. Un pozo de forma rectangular abierto en roca estratificada puede necesitar fortificacion en uno, ó en los dos testeros, suponiendo que estos flojeen y que los costados sean firmes. En este caso bastará construir un muro de sostenimiento junto al testero que flojea, haciendo que apoye contra ambos costados y los sostenga. Pero este muro necesitará un cimiento ó punto de apoyo sobre el cual se empieze á construir, á menos que no se quiera aguardar al fin de la escavacion, ó á encontrar roca firme para sobre ella cimentar el muro.

Para tener un cimiento ó punto de partida en el parage requerido, lo que se hace es construir un arco de bóveda, Fig. 90 y 91, que apoye sus arranques en la roca firme de los costados, y sobre este *arco de fundamento* se levanta el muro. Se continúa abriendo el pozo, y cuando se ha llegado á cierta profundidad se vuelve á construir otro arco que sirve de base á otro trozo de muro, y asi sucesivamente.

Digitized by Google

Si el pozo no es vertical tanto los arcos como toda la obra descansarán sobre el yacente; pero los sillares ó hiladas de mampostería se colocarán siempre horizontales.

Esta clase de arcos son de todos modos muy ventajosos, no solo porque facilitan el poder hacer composturas ó reparos en algun trozo del revestimiento sin que se resienta el resto de la obra, sino tambien porque muchas veces hay necesidad de abrir galerías que comuniquen con el pozo, cámaras para establecimiento de máquinas y otras obras que, si no ecsistiesen estos arcos de fundamento, se podria resentir toda la fortificacion del pozo.

182. La entrada desde el pozo á una galería podrá hacerse de muy diversos modos, segun sea la forma que ha de tener la galería, y segun la clase de revestimiento ó de fortificacion que en ella sea preciso construir; pero de todos modos deberá haber siempre un arco de fundamento á poca distancia debajo de la entrada de dicha galería. Hemos representado algunos casos en las Fig. 91, 92 y 93.

183. En el caso que flojee uno de los costados del pozo, siendo firmes los testeros, entonces, si el pozo es vertical se construirá un muro bajo los mismos principios que acabamos de esponer, aunque será mas ventajoso hacer este muro arqueado, como hemos dicho (180), y cuya construccion no presenta dificultad ninguna.

Si el pozo no es vertical, y que el costado que flojea es el pendiente, en este caso es indispensable la construccion de una bóveda en rampa, cuya bóveda arrancará en la roca de los testeros si ella es firme: pero si los testeros flojean tambien, entonces se levantarán unos muros de sostenimiento que vendrán á servir de pies derechos para el cañon de bóveda

184. La bóveda en rampa se puede construir de diversos modos, 1.° , colocando las dovelas en posicion oblicua, pero perpendiculares á la direccion del eje de la bóveda, como está representado en Fig. 94. Para construir la bóveda de este modo, es indispensable tener roca firme en la parte A, para que sirva de cimiento ó de apoyo á la primera hilada de dovelas, sobre

Digitized by Google

la cual se van apoyando sucesivamente las demas; por consiguiente será preciso hacer en la roca un asiento bien liso y bien plano, de toda la amplitud que haya de tener el arco.

2.° Se pueden colocar las dovelas verticales, pero cuyos intrados tengan la misma inclinacion que el eje de la bóveda, Fig. 95. Los arcos parciales ó hiladas de dovelas serán por consiguiente tambien verticales, y para mayor seguridad será conveniente construir un arco *maestro ab*, por el método ordinario, el cual servirá de base ó punto de apoyo al primer arco parcial, y por consiguiente á todos los demas. Si la roca de los testeros no es firme, el arco maestro *ab* arancará en dos arcos de fundamento *cd*, sirviendo estos al mismo tiempo para sostener los muros en que han de apoyar los arranques de los arcos parciales. Por este método se puede revestir un pozo inclinado, antes de llegar al firme.

3.° Tambien se acostumbra á revestir el cielo de un pozo inclinado, ó sea su costado pendiente, por medio de una serie de arcos rectos de mas ó menos longitud, unidos unos á otros, pero independientes entre sí, y que vienen á formar una superficie desigual en escalones inversos, Fig. 96. La longitud de cada arco es de dos á tres pies, y su amplitud la que requiera el pozo. Sobre cada arco se eleva un muro de mampostería *a*, con el cual se carga al arco, y al mismo tiempo une ó enlaza esta fábrica con la del arco inmediato superior. Si los testeros no son muy firmes, se construyen dos arcos de fundamento *bc*, sobre los cuales apoya el primer arco de los que forman la bóveda.

Este tercer método tiene la ventaja de poderse construir á trozos, y empezando por donde se quiera, y por consiguiente tambien se pueden hacer reparaciones en caso de necesidad; pero es una clase de obra que sale muy costosa, porque se emplea en ella mucha mampostería. El pozo principal de la mina de Churprinz en Sajonia (*) está revestido de este modo.

(*) Entre los muchos filones que se benefician en el distrito de Freiberg, muy pocos son los que producen réditos á los accionistas ó empresarios de minas. Uno de los mas ricos es el *Ludwig Spath*, cuyas labores constituyen la mina llamada de *Churprinz*


Digitized by Google

185. El arco maestro para fundamentar un cañon de bóveda en rampa construido por el primer método, representado en Fig. 94, tendrá que ser de una construccion particular, porque tiene que resistir á presiones que obran en dos distintos planos. Para resistir á las presiones verticales habrá que darle la forma ordinaria, ó lo que los arquitectos llaman *arco en muro plano*, y para sostener la base del cañon de bóveda tendrá que presentar una cara inclinada, esto es, perpendicular al eje de la bóveda, resultando por consiguiente una combinacion de dos cilindros que se cortan oblicuamente, y cuya línea de interseccion es de doble curvatura.

Cuando el pozo es vertical y que el revestimiento de los costados se hace con muro curvo; si se quiere sostener dicho muro sobre un arco maestro ó de fundamento, habrá que darle una forma análoga á la anterior, solo que ahora es la combinacion de dos cilindros que se cortan en ángulo recto.

Estos arcos maestros resultan naturalmente mas estrechos, ó por mejor decir de menos longitud, en su parte superior, y mucho mas largos hácia los arranques; y esta diferencia es tanto mas sensible cuanto el arco se acerca mas á la semicircunferencia. Por cuya razon, los arcos maestros, y por consiguiente los cañones de bóveda que sobre ellos descansan, se trazan con un rádio de suficiente longitud para que, la cuerda ó amplitud requerida subtenda un arco de 60.° sobre poco mas ó menos.

### *Mamposteria por hundimiento.*

186. En roca enteramente suelta y movediza, como no hay

perteneciente al patrimonio del rey de Sajonia. El tio y antecesor del actual rey determinó no utilizarse de los productos de dicha mina, sino que se empleasen todos ellos en las labores, y en hacer ensayos y mejoras en la misma mina, haciendo de ella una *mina modelo ó mina normal*, y que por consiguiente tendremos ocasion de citar muchas veces. Es sobre todo notable por sus muchas y bien entendidas obras de mamposteria.

En la Silesia superior, en el distrito de Tarnowitz, la mina de Zinc llamada *Friedricks-Grube* perteneciente al rey de Prusia, se beneficia igualmente bajo los mismos principios que la de Churprinz.

No dejaria de prestar mucha utilidad á nuestra minería el abrir una mina-modelo en las Alpujarras.


Digitized by Google

firme en que apoyar los revestimientos, no se pueden hacer pozos que no sean verticales, y es preciso irlos revistiendo con labor en avance por hundimiento.

Estos pozos tienen que ser de forma circular ó bien elíptica, pero de ningun modo rectangular. Se empieza por armar una plantilla de madera gruesa de encina, y de la misma forma y dimensiones que ha de tener el revestimiento en su seccion horizontal. La plantilla de madera ha de descansar sobre otra de hierro colado, un poco mas ancha que ella, y terminando en corte á modo de cuña por su parte esterior. La plantilla de madera habrá que hacerla en trozos, los cuales se unen con grapas de hierro. En la Fig. 97 está representada vista de planta en A, y la perspectiva de un trozo de ella en B.

187. Para empezar la labor se abre un poco de escavacion mas ó menos profunda segun la mayor ó menor adherencia del terreno, y en esta escavacion se coloca la plantilla bien horizontal en el punto que se ha determinado para la apertura del pozo.

Colocadas ambas plantillas una sobre otra en la posicion que han tener, se construye sobre ellas el revestimiento de mampostería hasta una altura de 3—4 pies, para que los alarifes no necesiten de andamios en su trabajo. Hecho este trozo de revestimiento se empieza á escavar el pozo, y faltándole el cimiento á la mampostería se irá ella hundiendo en virtud de su propio peso: pero como que descansa sobre la plantilla de hierro, descenderá por igual y sin desbaratarse. Una vez hundido el trozo de revestimiento construido, hasta el nivel de la superficie del terreno, se deja de escavar, se levantan otros 3—4 pies de mampostería; se vuelve á escavar en el pozo igual profundidad, y se vuelve á hundir el revestimiento hecho, y asi sucesivamente hasta llegar á terreno firme, ó que el pozo tenga la profundidad requerida.

Los alarifes, como se ve, podrán de este modo haber construido el revestimiento de un pozo de profundidad indefinida, sin necesidad de haber entrado en él.

Digitized by Google

Para que el hundimiento de la mampostería se verifique con igualdad y sin movimientos bruscos, se avanza la escavacion en figura cónica, profundizando primero en el centro *a*, Fig. 98, y despues se va ensanchando el cóno *bcde*, hasta que no se deja mas tierra que la precisa para sostener la plantilla; entonces se escava por igual y con la mayor celeridad posible, y el revestimiento baja de todo el escalon *be*, á lo cual contribuye la forma en cuña de la plantilla.

Esta labor es muy sencilla cuando el pozo no tiene unas grandes dimensiones; pero si estas dimensiones son considerables, como las de los pozos del Tunnel de Londres, entonces ya es una operacion muy delicada, y sobre todo por el método que alli la hicieron.

188. Cuando el Tunnel esté concluido deberá comunicar con la superficie por medio de cuatro pozos, dos de ellos destinados á la entrada y salida de los peatones, y los otros dos para los coches. Hasta ahora no hay construido mas que uno de los primeros, con 64 pies ingl. de profundidad, y 50 de diámetro.

Empezaron por armar y colocar en el sitio en que se habia de abrir el pozo, la gran plantilla de hierro colado, que por supuesto es de varias piezas unidas con tornillos. El espesor de esta plantilla es de 8 pies, y terminada en cuña como hemos dicho antes, bajo un ángulo de 45.° Sobre la plantilla de hierro, una corona ó ánulo de madera de tres pies de ancho y uno de grueso.

Sobre esta base se elevó todo el revestimiento en forma de una torre, de 40 pies de altura, y despues de concluido se empezó á escavar para verificar el hundimiento. Desde luego se deja conocer lo delicado de esta operacion, y el órden que debia presidir á estos trabajos para que la immersion se verificase simultáneamente en todos los puntos de la circunferencia, sin producir oscilaciones que hubieran podido quebrantar toda la mampostería, que era de ladrillos. Hubo algunos sustos y alarmas durante la immersion, pero al fin se verificó sin el menor accidente hasta los 37 pies de profundidad



Digitized by Google

alli encontraron, como ya tenian previsto, un terreno firme de arcilla compacta, en la cual se continuó abriendo el pozo por el método ordinario otros 24 pies de profundo.

En el fondo de este pozo se sumerjió el revestimiento de otro pozo concéntrico de 25 pies diámetro, y 20 profundo, destinado á recibir las aguas que pudiesen resultar en la prosecucion de la obra, y que son estraidas á la superficie por medio de una máquina de vapor.

Los pozos para el tránsito de los coches han de tener 150 pies de diámetro.

189. Tambien se puede hacer labor de hundimiento con revestimiento de entivacion; pero solo tiene buena aplicacion en terrenos sumamente flojos, de arena suelta por ejemplo, y este caso se presenta pocas veces.

*Mampostería colgada.*

190. Muchas veces puede suceder que, desde la superficie del terreno la roca sea poco firme y consistente para servir de cimiento, pero que al mismo tiempo no sea bastante suelta para que el revestimiento de la mampostería se hunda con facilidad dentro de la escavacion; en ese caso se puede revestir el pozo haciendo lo que llaman mampostería *colgada*, y es como sigue:

Primero se hace una escavacion de 3, 4 ó 6 varas de profundidad, segun es la consistencia de la roca, y dándola la misma forma y dimensiones que ha de tener el pozo, contando con el espesor que ha de llevar la mampostería.

En el fondo de esta primera escavacion se arma una plantilla de madera AB, Fig. 99, circular ó elíptica, segun sea el pozo. Esta plantilla se coloca sobre dos fuertes viguetas ó adémas horizontales *mn*, y en ellas se enganchan cuatro maromas ó cadenas de hierro *e*, que suben hasta la superficie para sujetarse por su otro estremo en las dos grandes adémas *ab*, las cuales descansan sobre otras dos *cd* igualmente robustas, cruzándolas en ángulo recto. Estas cuatro adémas superiores deben estar labradas á dos caras opuestas, para que hagan mejor asiento, y su longitud debe esceder bastante á la anchura de la boca del pozo.

Para las dos viguetas inferiores habrá que hacer cuatro huidas, para que entren sus cabezas en la roca; y estas huidas se harán un poco mayores de lo necesario en su dimension vertical por lo que pueden dar de sí las maromas.

Sobre el cerco de madera AB se arma la verdadera plantilla con tabla de 1—2 pulg. de grueso, y de la misma forma y dimensiones que ha de tener el revestimiento, el cual se va levantando sobre esta base, teniendo cuidado que las dovelas ó las piedras que hagan oficio de tales, vayan formando una superficie bien igual hácia lo interior del pozo; pero en la parte esterior del revestimiento, ó sean los extrados, deben ser desiguales. Los huecos que quedan entre estos extrados se van rellenando con piedras y con tierra bien comprimida, y de este modo se une el revestimiento con la masa de la roca, y resultan presiones laterales que comprimiendo á la mampostería la sostiene en parte, y no carga tanto sobre el cerco de suspension.

Concluido el primer trozo se continúa la escavacion del pozo para volver á revestir otro trozo por el mismo método, y así sucesivamente hasta encontrar roca firme, ó que se concluya el pozo. Los cercos de base de los trozos inferiores irán colgándose de las viguetas del cerco inmediato superior, de modo que todas ellas, hasta las de la superficie, contribuirán á sostener el trozo de revestimiento que esté en obra, mientras este no se traba con la roca del terreno.

Lo que es los cercos de base quedarán embebidos en la mampostería, pero las viguetas se podrán sacar, resultando unos agujeros en el revestimiento, que se taparán ó no, segun convenga.

191. En toda clase de fortificacion, pero sobre todo en la mampostería de los pozos, debe el ingeniero reconocer muy bien el terreno que va atravesando, para no construir y edificar sobre falso. Siempre que encuentre un firme debe aprovecharlo, y apoyarse en él por medio de uno ó de varios arcos, combinándolos del modo mas adecuado al objeto de la obra que se construye. Todos los casos que se pueden ofrecer en la práctica no es posible detallarlos en los libros. El ingeniero que no invente no merece el nombre de tal.

# CAPITULO IV.

## *HACER ESCAVACIONES DE BENEFICIO.*

### §. 1.° *Labores á cielo abierto.*

191. Recordaremos que hemos llamado escavaciones de beneficio á aquellas que, no tienen otro objeto que arrancar mineral útil, esto es, un mineral que se pueda vender, y que su valor nos indemnize de nuestro trabajo, de nuestras penalidades y riesgos, y de nuestros anticipos de dinero. Pero á nosotros como meramente mineros, y que recibimos nuestro jornal ó sueldo por hacer las escavaciones, en cuanto al modo de dirigir estas, nos es indiferente el que los minerales sean ricos ó pobres, y que las sustancias contenidas sean las que quieran. Lo que á nosotros nos importa conocer es, la forma y disposicion de la masa del criadero para insinuarnos dentro de él con nuestras labores; la mas ó menos dureza de esta masa para la eleccion de herramientas que hemos de emplear para arrancarla, y la mayor ó menor dureza de la roca que sirve de caja al criadero, para determinar la clase de fortificacion que hemos de usar. De estas tres circunstancias reunidas pende el método ó sistema de labor que hay que establecer.

192. Cuando el criadero se presenta muy somero, esto es, que los minerales útiles se hallan depositados á poca profundidad, en ese caso es mas económico hacer toda la labor á cielo abierto, empezando á escavar desde la superficie para

Digitized by Google

quitar toda la tierra que se halla encima del criadero, y dejar éste enteramente á descubierto. Entonces se empieza á arrancar el mineral, y el hueco que este va dejando, se rellena con los escombros ó zafras que resultan despues, evitándose de este modo el trabajo y el costo de subirlos hasta la superficie.

193. En la labor á cielo abierto se necesita por lo general muy poca fortificacion; basta dar á las paredes de la escavacion una cierta inclinacion proporcionada á la movilidad de las tierras. Si la escavacion llega á tener una profundidad algo considerable, y que la tierra sea demasiado suelta, en ese caso puede haber necesidad de levantar un muro de revestimiento (113). Si la escavacion, aunque algo profunda, no es de mucha anchura, y que la roca es floja pero no enteramente suelta, entonces bastará colocar algunas tornapuntas en los sitios mas flojos, y apoyándolas en grandes galápagos y marranillos si fuere necesario. Por no tener presentes ninguno de estos principios, hay que lamentar muchas desgracias en algunas labores del gran criadero de las Alpujarras.

194. Las escavaciones á cielo abierto pueden tener uno de dos objetos, ó bien arrancar minerales que han de pasar despues á manos del mineralurgista para que los utilice; ó bien arrancar materiales de construccion para los edificios, que es lo que se llama una cantera. En el primer caso es hasta cierto punto indiferente el tamaño que han de tener los pedazos de mineral arrancado; lo que importa es, no dejar nada de mineral en el criadero y arrancarlo lo mas limpio posible, es decir, sin mezcla de zafra; primero, porque asi nos evitamos el gasto de subir la zafra á la superficie, y segundo, porque no teniendo el mineralurgista que gastar tiempo y dinero en hacer la *monda* ó limpia, nos pagará mejor nuestra mercancía.

En el segundo caso por el contrario, lo que menos importa es aprovechar toda la masa del criadero, puesto que las rocas que se benefician para piedras de construccion, se presentan por lo general en estensiones demasiado considerables para que nos paremos en economizarlas. Lo que los arquitectos, los albañiles y los escultores nos exigen es, que les demos piedras de

Digitized by Google

cierta forma y de cierta magnitud, para ellos poder luego labrar sus sillares, sus dovelas y sus estátuas; por consiguiente, en las canteras será muy frecuente el uso del picaporro y de las cuñas.

195. En Scharley, cerca de Tarnowitz, en la Silesia superior, se beneficia á cielo abierto un banco de calamina de 14 varas de espesor. El banco no llega hasta la superficie, sino que encima de él hay una capa de dolomía, y resultan por consiguiente una porcion de zafra y de escombros, con los cuales van rellenando el gran hoyo á medida que avanza la escavacion; pero como estos escombros no pueden ser suficientes para rellenar la parte que ocupaba el mineral, resulta que el hoyo va aumentando sucesivamente. El gran fronton de la escavacion está dispuesto en forma de anfiteatro, y los caminos y sendas por donde se hace el acarreo se dirigen en ziczac y en diferentes sentidos, de modo que, en las horas de trabajo presenta una perspectiva muy pintoresca y animada. Se ocupan ordinariamente en aquellas labores doscientas personas de casta polaca, que no es la mas fácil de manejar. La propiedad del criadero pertenece á una compañía de accionistas. En el invierno de 1833, un israelita tenia arrendadas las labores, y le pagaban á razon de 5 silbergros por cada carretilla de mineral arrancado, siendo ademas de su cuenta el colocar los escombros en el parage señalado por el capataz. Los propietarios determinan la cantidad de mineral que quieren obtener durante la campaña, y la parte directiva y egecutiva corresponde á los ingenieros y capatazes del gobierno prusiano, el cual tiene establecido en Brieg un consejo superior de minas, que preside ó residencia á todos los de los distritos mineros de la Silesia superior.

196. La mina de sal de Cardona en Cataluña, de una celebridad europea por la abundancia y pureza de su mineral; la mina de azufre de Hellin, en la provincia de Murcia, beneficiada desde el tiempo de los romanos, son dos criaderos que se laborean á cielo abierto, sin intervencion, direccion ni consejo de ningun ingeniero de minas. Tal vez el instituto natu-

Digitized by Google

ral de las gentes que se ocupan en aquellas labores haya hecho establecerlas con buen órden y economía, pero no es lo mas probable. Lo que puedo decir es que, en el cuerpo de ingenieros de minas del gobierno, no tenemos la menor noticia ni idea de lo que alli se hace; como si Cardona y Hellin estuviesen en el Banáto, que es de todos los distritos mineros de Ungria, el de mas dificil acceso para los estrangeros en razon á lo incivilizado del pais.

197. Entre Clausthal y Goslár, en terreno perteneciente al gran ducado de Braunshweig, se labra una gran cantera en el esquisto ó pizarra de sedimento antiguo, tal vez corresponde á la corteza primitiva, y cuyos estratos inclinan de 70—75.° hácia el S. E. El objeto es sacar pizarras para tejar, por consiguiente deben tratar de arrancar grandes lajas sin producir muchos destrozos. Para conseguir esto, tienen la labor dispuesta en bancos de 4—6 pies de altura, y que corren en la misma direccion de los estratos. A la mitad de la altura de cada banco abren á pico una especie de canal ó descalce de cosa de un pie de profundidad, y despues con picos ó con barras introducidas por la parte superior ó asiento del banco, van arrancando lajas de todos tamaños y de todos gruesos. Estas lajas pasan luego á un taller, en donde las subdividen y dan la forma adecuada que se usa en el pais en los tejados, y que está representada en la Fig. 100. Los operarios que trabajan en aquella cantera, son los mas ecsigentes y mas importunos para pedir propina entre todos los que he tratado en el curso de mis viages.

198. Desde Dresde á Schandau, en ambas orillas del Elba y en las de todos sus afluentes, se hace un gran comercio con la roca que alli llaman *Quadersandstein*, que es una arenisca de la formacion de la creta, y que corresponde al último periodo de la época secundaria. La gran madre de aquel caudaloso rio presenta unas orillas elevadísimas, y cortadas verticalmente. Los canteros utilizan las capas que presentan mejor grano y son mas consistentes, metiéndose á través de ellas con sus labores, hasta que la escavacion amenaza ruina, en cuyo

Digitized by Google

caso la abandonan y emprenden por otra parte. Tanto de lo que labran ex profeso, como de los derrumbos que se originan por la mala direccion de los trabajos, resultan bloques y cantos de todos tamaños, á los cuales dan despues una forma regular y adecuada á la construccion; entonces los embarcan y trasportan, no solo para el interior de aquel pequeño reino, sino que los llevan á Berlin y á Hamburgo, para desde allí abastecer á la construccion de los edificios de lujo en el litoral de aquellos mares.

## §. 2.° *Criaderos en filones y en capas levantadas.*

---

199. Para el objeto que va á ocuparnos, un criadero en filones presenta las mismas circunstancias que un criadero en capas, cuando estas han sido trastornadas de su posicion horizontal; el mismo método y el mismo sistema de labor habrá que emplear en uno y otro caso; por consiguiente, todo lo que vamos á decir sobre laboreo de un filon debe entenderse y hacerse estensivo para capas que se presenten con una muy fuerte inclinacion.

200. El filon que se trata de beneficiar puede suceder que asome á la superficie, desde cuyo punto habrá que empezar las labores; en este caso se *dispone la labra* del modo siguiente:

Se abre una zanja sobre el mismo filon, y se va arrancando el mineral en una longitud determinada, ó bien en toda la que comprenda la pertenencia ó concesion de la mina, y esta zanja se va despues profundizando hasta estinguir el mineral rico. Si la roca que sirve de caja al filon, es bien dura y consistente, no habria en realidad necesidad de hacer ninguna clase de fortificacion; pero cuando la escavacion llega á tener una gran profundidad y al mismo tiempo mucha longitud, es cuasi imposible que sus paredes no hagan algun movimiento, por compacta y firme que sea la roca: por consiguiente, la fortificacion será siempre indispensable, y sobre todo habrá de recu-

Digitized by Google

brirse en la superficie para que, la introduccion de las aguas llovedizas no perjudique á la seguridad de las obras, y al mismo tiempo impedir que algun descuidado caiga dentro de la escavacion.

201. Si la potencia del filon no es muy considerable, bastará armar una camada de estemples adintelados y mas ó menos gruesos á proporcion de su longitud (68), colocándolos segun ya hemos esplicado, y con marranillos ó con bantrotes, segun lo ecsija la calidad de la roca. Encima de los estemples se atraviesa una encamacion de rachas ó de latones, y sobre estos se cargan los escombros ó zafras que van resultando.

A medida que se va profundizando la escavacion, se van repitiendo de distancia en distancia nuevas camadas de estemples y siempre bajo el mismo método, cuya labor, considerada en su totalidad, recibe el nombre de *labor de cortar alturas.*

202. Si la potencia del filon, y por consiguiente la anchura de la escavacion, escediese de cuatro varas, y que no hubiese proporcion de adquirir maderas de un grueso suficiente, habrá que armar de otro modo las camadas ó cortaduras.

Si el filon es vertical, se colocarán las adémas en forma de cuchillo, Fig. 101, y sobre cada cuchillo se apoya un puente *ab*, que es el que ha de recibir los latones, y estos los escombros. Tambien se puede colocar el puente en tres trozos, Figura 102; los dos estremos *a* y *b* apoyarán en la roca y en una de las adémas del cuchillo; el tercero *c* servirá para impedir que dichas adémas cedan al empuje lateral del peso que carga sobre ellas.

Cuando el filon no es vertical, se colocarán los estemples perpendicularmente á las paredes de la escavacion, y si estos son demasiado largos, tambien se pueden sostener con un cuchillo de piernas desiguales como en Fig. 103; ó bien sujetarlos por su medio con dos tornapuntas *ab* y *bc*, si el filon es menos inclinado como en Fig. 104.

204. La distancia de los puentes ó de los estemples entre sí en cada camada, podrá variar segun sean los empujes de la roca, y segun sea la fortaleza de las adémas empleadas; pero



Digitized by Google

nunca podrán colocarse muy separadas unos de otros, porque como hemos dicho, encima de ellos hay que armar una encamacion, la cual se ha de cargar con escombros. La distancia de una camada á otra tambien variará segun las mismas condici ones.

205. Junto al pueblo de Ehrenfriedersdorf, en Sajonia, hay una mina llamada *Prinzler zugen-Gottes*, cuyas labores están abiertas en un filon de mineral de estaño, cuasi vertical, y de una potencia variable desde dos hasta siete varas, habiendo ya profundizado mas de 200 varas con labor de cortar alturas. Los estemples tienen 10 pulgadas de diámetro ó grueso, y están colocados á 1 vara de distancia unos de otros. Sobre los estemples cruzan latones de 3 pulgadas de grueso, y de 2-3 varas de largo; sobre los latones echan las zafras.

Mientras la potencia del filon ó la anchura de la escavacion no pasa de diez pies, colocan simplemente camadas de estemples; pero en pasando de esta dimension, entonces sostienen cada estemple con una armadura en cuchillo, escogiendo para esto adémas de mas de un pie de diámetro. Las hileras son tablas de 2 pulgadas de grueso, y en cada una apoyan tres cuchillos, siendo su largo unos diez pies. La distancia de una cortadura á otra varia en razon inversa de la anchura de la escavacion, á saber; si la anchura es de 2 varas, la distancia de una camada á otra es de cuatro varas, y si la anchura es cuatro varas, la separacion es solo 2.

La roca de la caja de este criadero es un gneis muy duro y consistente, pero algunas veces suelen producirse grandes movimientos en toda la masa del terreno, de donde resultan quiebras que destrozan todas las obras. Contra semejantes accidentes no alcanza la ciencia del ingeniero, sobre todo cuando el terreno está acribillado de labores antiguas y mal dirigidas, como alli sucede.

206. Sea la que quiera la clase de entivacion que se haya empleado en esta labor de cortar alturas, habrá que ir dejando abierta una comunicacion para poder entrar en los subterráneos. Habrá por consiguiente que ir formando un pozo á

Digitized by Google

medida que se va profundizando la escavacion, escogiendo para su colocacion el punto que parezca mas á propósito, que se procurará sea hácia el medio de las labores. La armadura de este pozo se puede hacer simplemente con dos líneas de estemples rollizos, colocados normalmente á las dos superficies de las paredes de la escavacion: si la roca es bastante consistente se abrirá en ella su huida y cabezeadero correspondientes, pero alternando, es decir, que las huidas se abren una vez en el un astial y otra vez en el otro, y lo mismo los cabezeaderos.

Si las presiones no son de mucha consideracion, se pueden colocar los estemples á 1, 2 y 3 varas distantes entre sí, y en ese caso, si uno de los astiales flojea y que este sea el pendiente, á cada estemple *ab*, Fig. 105, se le pone una tornapunta *ca* para que sostenga su cabeza; y si el yacente es el flojo, se sostiene la culata con la tornapunta *fd*, apoyando ademas ambas adémas, en caso de necesidad, en un marranillo.

A esta série de estemples y tornapuntas dependientes y ligados entre sí, se llama un *encadenado*, el cual se puede tambien formar con codáles, como está representado en la parte MN de la misma figura. El encadenado se guarnece despues con tabla de ripio ó con desperdicios de latones, no solo con el objeto de dejar el pozo mas independiente y mas seguro, sino para que asi lo crea el que ha de transitar por él; una gran cavidad abierta en la oscuridad, impone respeto al hombre mas atrevido y valiente.

Esta guarnicion de tablas debe colocarse en la parte del encadenado esterior al tránsito del pozo y, por regla general, siempre deben quedar descubiertas las adémas destinadas á resistir presiones; de lo contrario no se puede saber cuándo hay necesidad de reponerlas. Este es un cuidado que deben tener muy presente los ingenieros y los capataces en sus visitas á la mina, reconocer y ecsaminar bien el estado de las entivaciones, para remediar el daño antes que se verifique.

207. El pozo en cuestion debe ir siempre adelantado del resto de las labores. La Fig. 106 puede dar una idea de esta

labor de cortar alturas; representa un corte longitudinal segun la direccion é inclinacion del filon. AB es el pozo armado con los dos encadenados: *ab* es una cortadura ó camada de estemples sencillos: *cd* es una camada con armaduras de cuchillo.

208. La labor de cortar alturas se puede tambien hacer con fortificacion de mampostería, es decir, que en vez de las camadas de estemples se construirán bóvedas las cuales, ó bien serán seguidas, ó solo estarán á trozos de mas ó menos longitud, y mas ó menos separados unos de otros, uniendo despues el espacio intermedio con una encamacion, para de este modo poder transitar sobre la cortadura, si la disposicion de la mina lo requiriese.

La forma y magnitud de los arcos ó bóvedas podrá variar segun sean la inclinacion y potencia del filon, y segun sea la calidad y consistencia de la roca; pero en general se puede decir que, cuando la escavacion resulte vertical ó prócsimamente, en ese caso la curvatura de la bóveda debe ser un arco escarzano moviendo de salmér; porque, de este modo resiste mejor á las presiones laterales sin necesidad de mucha sobrecarga: el hacer arcos de medio punto para cortar alturas, seria poco acertado.

Si el filon no es muy inclinado, entonces la curva de la bóveda debe ser un arco que mueva de cuadrado en el yacente, y que se apoye normalmente en el pendiente. (126) Tírese la horizontal *ba*, Fig. 107, y haciendo centro en *a* trácese el arco *bc*, el cual llenará ambas condiciones. La parte del extrado se carga con zafras.

209. El cortar alturas con obras de mampostería debe economizarse todo lo posible, pero tal puede ser la potencia del filon y tal la escasez de maderas que, el uso de la mampostería venga á ser una economía. Sin embargo, las cortaduras que hayan de servir para comunicaciones generales de la mina, y que por consiguiente han de permanecer transitables durante mucho tiempo, conviene siempre hacerlas de mampostería. (58)

Esta labor de cortar alturas, cuando se fortifica con madera, debe ir bajando por igual en toda la estension del filon que

Digitized by Google

se trata de beneficiar. La razon es porque, las cortaduras inferiores, que son las que verdaderamente resguardan las labores, siendo las mas modernas son las que se hallan siempre en mejor estado: las superiores aunque se hundan, poco importa. De modo que, si hay alguna actividad en los trabajos, con solo avanzar una cortadura cada dos ó tres años, que es lo menos que puede durar la entivacion, ya no hay necesidad de reponer ninguna adéma, y esto es una grandísima economía.

210. Tambien se cortan las alturas sin necesidad de fortificacion, dejando trozos de mineral sin arrancar, ó lo que se llaman *llaves*; pero para que esto sea admisible es preciso que se reunan dos circunstancias, 1.ª que la roca que constituye la masa del filon sea bien dura y consistente; 2.ª, que el mineral sea de poco valor específico, es decir que, el valor de la masa que constituye las llaves, sea menor que el coste que tendria la fortificacion que habia de reemplazarlas.

### *Disposicion general de las labores de una mina cuyo objeto es beneficiar un filon.*

211. El minero puede tropezar con el filon en un punto cualquiera de la superficie ó debajo de ella, y desde aquel punto dirigir sus labores á la derecha ó á la izquierda, hácia arriba ó hácia abajo segun le parezca mas conveniente; pero siempre habrá un método y un órden que será el mas económico y el mas ventajoso; vamos á describirlo.

212. Lo primero que hay que hacer es reconocer el criadero, cerciorarse que efectivamente es un filon, y cuál es su direccion, su inclinacion y su potencia. Para averiguar todo esto no se necesitan hacer grandes escavaciones; bien pronto se caracteriza un filon cuando se tienen los conocimientos geognósticos necesarios; basta abrir una galería de 15—20 varas de longitud, y un pozo de otro tanto de profundidad *estinguiendo* el mineral, es decir arrancando todo el que se presente hasta dejar descubiertas ambas salbandas; con esto, y con el ecsámen y observacion del terreno en la superficie, hay lo

Digitized by Google

suficiente para determinar el plan de labores que se ha de establecer.

No quiero decir que, la direccion, la inclinacion y la potencia del filon, y la riqueza de sus minerales, hayan de ser siempre las mismas que se han observado en aquellas pocas varas de escavacion; pero las variaciones y las anomalías que puedan presentarse despues, no harán alterar el sistema general de labores adoptado, con tal que el criadero sea verdaderamente un filon; lo único que podrá haber necesidad de variar serán los métodos de *arranque*, y los de fortificacion.

213. Una vez reconocido el filon, y que se ha visto que merece la pena de ser beneficiado, antes que todo hay que abrir un pozo maestro y un caño de desagüe, que se comuniquen á la mayor profundidad posible.

El pozo maestro debe abrirse en el mismo filon y siguiendo su inclinacion, es decir que se hallará en la interseccion de un plano vertical con el plano que presenta una de las salbandas. Las ventajas de colocarlo de este modo, son fáciles de comprender. En primer lugar, si el pozo se abriese vertical como está representado en *AB*, Fig. 108, tendríamos que, á medida que vayan avanzando las labores en el filon *AC*, habrá que ir poniendo á éste en comunicacion con el pozo por medio de las galerías *ab*, *ef*, *CB*, etc.; y para verificar la estraccion del mineral á la superficie, se tendria que recorrer los dos catétos de un triángulo rectángulo en vez de la hipotenusa, aumentándose considerablemente los gastos de estraccion, y tanto mas, cuanto menos inclinado sea el filon. En segundo lugar, el pozo *AB* y sus comunicaciones con el filon son escavaciones abiertas en roca esteril, ó lo que es lo mismo escavaciones improductivas y de puro gasto; este gasto se evita abriendo el pozo segun el filon, cuya escavacion de todos modos habia que hacerla para arrancar el mineral; lo único que hay que añadir es, la diferencia entre el coste de una fortificacion mas sólida y permanente que debe hacerse en un pozo (58), y el coste de la fortificacion ordinaria de las labores de arranque. Esta diferencia es lo que en realidad viene á costar

Digitized by Google

la apertura de un pozo maestro segun la inclinacion del filon.

Es cierto que en un pozo inclinado hay que poner carriles ó bien formar un piso plano en que se apoyen las ruedas de los toneles de estraccion, pero el coste de esta obra no se puede de ningun modo comparar con los enormes gastos de tanta escavacion en esteril, como necesita un pozo vertical.

Si el pozo vertical se abriese en DE cruzando al filon, quiere decir que seria un pozo menos costoso, pero nunca evitaría la apertura en estéril de las galerías *cd*, *eg*, CE, &c.

Para la colocacion del pozo maestro, esto es, la eleccion del punto en que ha de abrirse su boca en la superficie, hay que tener presente las relaciones y circunstancias locales de esta. Siempre será preferible abrir el pozo en un erial cuya adquisicion cueste poco dinero, porque la estraccion de zafras va formando un terrero que se estiende cada vez mas, y es preciso indemnizar el terreno que ellas ocupan. Tambien será conveniente colocar la boca del pozo cerca del parage en que se hallen establecidas, ó se puedan establecer, las oficinas de beneficio. Pocas veces puede ser conveniente que el pozo salga al punto culminante del terreno en que se estiende el filon; y por último, siempre que las circunstancias locales esteriores lo permitan, convendrá abrir el pozo maestro en el medio de la demarcacion ó pertenencia que se trata de beneficiar.

214. El caño de desagüe debe abrirse á la mayor profundidad posible, saliendo su boca al fondo de un barranco ó cañada que no se halle muy distante. Un caño de desagüe bien profundo produce grandísimas economías en el laboreo de una mina, aun cuando su primer coste sea de entidad por tener que darle mucha longitud. En las minas de Alemania hay caños de desagüe de mas de una legua de largo; nos ocuparemos de ellos á su tiempo.

Si el filon se presenta de modo que atraviesa una cañada profunda, es claro que será muy económico abrir desde ella el caño de desagüe en el mismo filon siguiendo su direccion, por la misma razon que hemos dicho antes, de no tener que abrir escavacion en el esteril.

Digitized by Google

215. Supongamos que la Fig. 109 representa un corte ó seccion dado al filon segun su direccion é inclinacion, y para no complicar la figura, supondremos el caso de que el caño de desagüe CA está abierto en el mismo filon: BC es el pozo maestro, y C el punto de su union con el caño de desagüe.

Desde este punto se empezará á abrir la galería CE, que llamaremos *galería fundamental*, la cual en el caso presente vendrá á ser una prolongacion del caño de desagüe; pero si este se ha abierto en esteril, formará con él un cierto ángulo.

El mineral que se presente al abrir la galería fundamental se arrancará hasta estinguir; pero si la potencia del filon fuese demasiado grande, habrá que reducir la anchura de la galería al tiempo de fortificarla, y por el contrario: si el filon fuese demasiado débil se ensanchará la escavacion, para dar á la galería una vara cuando menos en esta dimension, y dos varas ó algo mas en altura.

216. Cuando la galería fundamental tiene ya cierta estension, sin dejar de trabajar en ella, se continúa profundizando el pozo maestro; y cuando este ha avanzado de un cierto número de varas, se abren á derecha é izquierda las dos galerías *ca* y *cb*, que reunidas constituyen lo que se llama *la 1.ª galería de prolongacion debajo del caño de desagüe*. Cuando esta primera galería de prolongacion tiene una cierta estension, se continúa el pozo maestro para una segunda galería *a'b'*, y asi sucesivamente mientras el filon dé frutos.

Todas las galerías se ponen en comunicacion unas con otras por medio de pozos interiores, *mn*, *op*, á mas ó menos distancia unos de otros segun parezca mas conveniente, resultando de este modo unos grandes paralelipipedos de mineral, ó lo que llamamos *macizos de labor*, los cuales, como que están descubiertos por sus cuatro costados, podemos reconocer la naturaleza de su masa, y saber la riqueza que allí tenemos disponible.

Tambien suelen abrirse *galerías medias*, tal como *hg*, esto es, galerías de prolongacion que estén á igual distancia entre dos de las ya abiertas, las cuales tienen por objeto el obtener mazizos de labor mas pequeños.

Digitized by Google

Encima del caño de desagüe ó socabon, se abren igualmente una, dos ó mas galerías de prolongacion, segun el terreno que haya disponible, las cuales reciben el nombre de 1.ª, 2.ª, &c. *galeria encima del socabon*, y se comunican del mismo modo con pozos interiores para obtener los macizos de labor.

Por estas galerías de prolongacion se establece despues el acarreo y las cumunicaciones, y constituyen lo que se llama *pisos ó planes* de la mina, aunque en realidad estos nombres se aplican mas bien á toda la masa comprendida entre dos galerías y asi se dice, *labores* del *primer piso*, á las comprendidas entre el socabon y la 1.ª galería; *labores del* 3.er *piso*, las comprendidas entre la 2.ª y 3.ª galería, &c.

217. En Almaden llaman primer piso á todas las labores comprendidas desde el socabon de entrada, que sirve al mismo tiempo de caño de desagüe, hasta la superficie, es decir una profundidad de 52½ varas; y llaman 2.° piso á lo que en otras partes se entiende por primero, y asi siempre un número adelantado. La distancia de un piso á otro no es alli constante, la hay de 45, de 33 y de 27 varas, pero en el dia se ha adoptado que sea de 30 varas, como las tiene efectivamente el 9.° piso que es donde se hallan las labores mas avanzadas, y componiendo un total de 309 varas de profundidad contadas desde la boca del pozo de san Teodoro. Esta distancia de 30 varas de un piso á otro me parece muy proporcionada y muy bien entendida para la colocacion de escalas, juegos de bombas y demas necesidades de una mina.

En Sajonia y cuasi todo Alemania, en las minas abiertas en criaderos en filones, la distancia de una galeria á otra contada segun la inclinacion del filon, es constantemente de 20 lachter=140 pies de Leipzig=144 pies españoles con corta diferencia. La razon que han tenido para adoptar esta medida la diremos cuando tratemos del tránsito por escavaciones. La mina de Betscherglück tiene 11 galerías debajo del caño del desagüe el cual se halla 65 lachter debajo de la boca del pozo maestro, componiendo un total de 285 lachter=679 varas, segun la inclinacion del filon.



Digitized by Google

218. En cada uno de los pisos de la mina deben formarse cuando menos una *plaza* esto es, un grande espacio ó anchuron de 7—8 varas de largo y otro tanto ancho, siendo su forma circular ó rectangular, como mejor convenga. El objeto de estas plazas es que sirvan de almacen ó depósito de herramientas, utensilios, maderas, &c. y en ellas se establecen los talleres provisionales para entivadores, herreros y toda clase de operarios. La parte de la plaza destinada para almacen se corta con un tabique, y en este una puerta con su cerradura. Esta pequeña habitacion subterránea está á la disposicion y bajo la responsabilidad del sota-capataz de servicio ó del guarda-herramientas, y no es fuera del caso que en ella hayá dispuesta una cama para depositar los heridos ó estropeados, para hacerles la primera cura, y mientras se les proporcionan ausilios de la superficie.

219 Todas estas labores que acabamos de describir, como que se hacen en mineral, pueden no solo pagar los gastos, sino tambien dar utilidades; pero apesar de esto no son mas que *labores preparatorias*, ó lo que se llama *preparar el campo de labor ó de esplotacion*. La verdadera labor de *arranque*, consiste en arrancar el mineral de los mazizos de labor, y esta operacion no debe emprenderse hasta estar seguros de poder producir anualmente la cantidad de mena necesaria, para obtener un rédito proporcionado al capital invertido en el establecimiento de la mina: prevision mucho mas necesaria todavía cuando los minerales son metalíferos, porque seria muy poco económico el tener que apagar los hornos de fundicion, antes que ellos hubiesen concluido su campaña.

Aun cuando se haya emprendido el arranque del mineral, no por eso deben cesar las labores preparatorias; estas deben ir siempre adelantadas á aquellas, para tener preparado el campo de esplotacion lo menos con dos años de anticipacion: esta es regla general para toda clase de criaderos, y sea el que quiera el sistema de labores que se haya establecido.

220. El arranque de los mazizos no debe de llevarse de hecho, esto es que, no deben de ir arrancándose todos á medida

Digitized by Google

que se avanza la labor, no. Es un principio fundamental de economía minera el ir dejando mazizos sin labrar, ó lo que llamamos *reservas*. Las galerías de prolongacion deben estenderse en toda la longitud de la pertenencia, y el pozo maestro debe ir siempre muy adelante del total de las labores; para arrancar los mazizos siempre hay tiempo.

El dejar estas reservas tiene dos objetos 1.° tener allí almacenada una cantidad de mineral, que es lo mismo que tener dinero para echar mano de él cuando se ofrezca hacer una obra estraordinaria en la mina. Se ocurre por ejemplo tener que establecer una máquina nueva de estraccion ó para el desagüe; pues bien, en lugar de echar un reparto á los accionistas para que desembolsen proporcionalmente, lo que se hace es arrancar uno, dos ó mas macizos de la reserva. 2.° Puede suceder, y sucede frecuentemente que el mineral disminuye de riqueza, ó bien que esteriliza accidentalmente en algunos puntos, en ese caso se acude á las reservas para que los productos de la mina y sus utilidades sean siempre las mismas. Además, las labores tienen que llegar alguna vez al fin del criadero, y si no hay reservas tendrán que parar de pronto las obras, quedando la gente desacomodada y los capitales muertos; pero habiendo reservas, se va sosteniendo con ellas los productos de la mina mientras se hacen nuevas investigaciones, ó que se adquiere la propiedad de otra pertenencia y se hacen en ella las labores preparatorias.

A cuánto hayan de ascender estas reservas, es lo que no se puede decir de un modo general; depende de la clase de mineral que se beneficia, del sistema ú órden de labores que se sigue, y de la amplitud ó escala en que se trabaja es decir, si hay mucha ó poca actividad en las labores. En Freiberg, como que allí todas las minas están dirigidas, manejadas é intervenidas por el cuerpo de ingenieros del gobierno, hay en ellas un órden y una armonía que no podria de ningun modo ecsistir si los propietarios tuviesen una absoluta libertad é independencia. En aquel distrito minero considerado en total, se puede decir que hay reservas para trabajar durante 20 años,

sin necesidad de descubrir nuevos minerales ni profundizar las labores mas de lo que están. En España hay tambien alguna mina que se halla en el mismo caso, y aun alguna otra que tiene reconocido mineral para mas de medio siglo; pero estos casos particulares no pueden servir de regla. A mi modo de ver, basta que las reservas puedan servir para sostener los trabajos y toda la marcha del establecimiento durante 5—6 años. Los propietarios particulares no pueden ni deben trabajar con tanta prevision como un gobierno.

El arranque de los macizos se puede hacer bajo diferentes métodos, que cada uno tiene su denominacion particular, y son:

*Labor en bancos descendente.*

*Labor de testeros ó ascendente.*

*Labor atravesada ó de relleno.*

*Y labor de cortar alturas*, que ya hemos esplicado.

### *Labor en bancos descendente.*

221. *Strosscuarbeit* de los alemanes, *Gradins en descendant*, como dicen los franceses. Esplicaremos esta labor refiriéndonos á la Fig. 110.

Sea *aecd* el macizo que resulta entre dos pozos interiores, que comunican entre sí las galerías AB y CD, suponiendo que el pozo maestro se halla hácia la parte AC.

Se empieza por colocar en el punto *a* un picador ó barrenero si la potencia del filon no pasa de una vara, pero si llega á dos varas se colocarán dos operarios, los cuales van labrando horizontalmente hácia *e* con una profundidad de 4—6 pies. Cuando esta escavacion ha avanzado de 6 ó 7 varas, se coloca en *a′* otro ú otros dos mineros, debajo de donde han empezado los primeros, y que van haciendo una labor semejante; cuando estos segundos han avanzado otras 6 varas, se colocan en *a′′* otros dos, y así sucesivamente; de modo que, la escavacion va presentando la forma de una escalera ó sucesion de bancos que, los superiores van siempre mas adelantados que los inferiores.

Digitized by Google

El trabajo de los mineros será de punterola ó con barreno, segun la calidad de la roca que constituya la masa del filon; pero se debe poner especial cuidado en arrancar esta bien limpia sin destrozar ni tocar á las salbandas, á menos que el filon estreche demasiado, y que por la cavidad que resulta no pueda pasar un hombre, pues en este caso habrá que meterse un poco en la caja para dejar á la escavacion dos pies de anchura cuando menos.

222. A medida que el minero ó pareja de mineros va adelantando en la labor de su banco respectivo, los entivadores van armando encamaciones ó pisos sólidos de madera, cuyo objeto es el siguiente.

La primera encamacion *ab* sirve para dejar espedita y practicable la comunicacion ó tránsito por la galería AB. En la encamacion $a'b'$ se van depositando las zafras que resultan del primer banco; los minerales útiles se bajan al segundo banco, y reunidos á los que este produce, se transportan sobre la encamacion $b''a''$ para ser estraídos por el pozo *da*, y de allí, por la galería A son llevados á la cortadura del pozo maestro. Las zafras que resultan del segundo banco se bajan al tercero para ser depositadas en la encamacion $b'''a'''$ y así sucesivamente; quedando alternativamente una encámacion para las zafras, y otra para el acarreo de los minerales de dos bancos inmediatos.

Como ya hemos indicado (194), la primera monda ó clasificacion del mineral debe hacerse dentro de la mina; si resulta poca cantidad de mena pura, se recoge esta en espuertas, que se van bajando al banco último, y allí reunidas se estraen por el pozo; los baciscos salen por las encamaciones respectivas, y las zafras se depositan como hemos dicho.

223. Si la masa del filon tiene poca ganga, resultarán pocas zafras, todo será mena y baciscos: en este caso el mineral se irá depositando en todas las encamaciones á medida que se vaya arrancando: y cuando se haya hecho la estraccion del mineral quedarán libres todas las encamaciones, y se podrán arrancar para aprovechar la madera en otro punto, dejando úni-

Digitized by Google

camente la encamacion *ab* que sirve de piso á la galería superior, y la encamacion del último banco en *cd*, la cual servirá de techo y de fortificacion para la galería inferior DC.

224. Esta labor en bancos descendente es desventajosa cuando la masa del filon contiene mucha ganga porque, ó bien hay que estraer la zafra empleando jornales sin ninguna utilidad, ó bien hay que dejar armadas las encamaciones en que aquella se ha depositado, quedando perdida é inútil una porcion de madera, lo cual aumenta considerablemente los gastos. Por consiguiente, esta labor será preferible para cuando la masa del filon produce poca zafra.

225. Si se quiere dar mas actividad á la labor, esto es, si se quiere arrancar el macizo en menos tiempo, se le puede atacar tambien desde *e* hácia *a*, haciendo otra serie de bancos que vayan á encontrarse con los primeros, y labrándolos bajo los mismos principios.

El acarreo del mineral resultante de los bancos atacados por el costado *ec*, seria embarazoso de verificar por la encamacion *ab* mientras se está labrando el primer banco; lo que se hace es dejarlo caer por el pozo *ec* para conducirlo por la galería DC, y esto aumenta el tránsito del acarreo, y por consiguiente se aumentan los gastos de estraccion. Para evitar estos inconvenientes lo mejor es atacar el macizo con una profundidad *ab*, Fig. 111, abierta en su medio desde la parte superior; y despues, desde esta profundidad se van corriendo los bancos á uno y otro lado de ella. Para evitar todo embarazo en el acarreo, se empieza por abrir el banco *ac*, y hasta que no está armada su correspondiente encamacion, no se pone el resto de la labor en actividad. Todos los frutos que se van produciendo, tienen que subir por la profundidad *ba*, y pasar por *ac* para ir al pozo maestro.

### *Labor de testeros ó ascendente.*

226. *Förstenbau; Gradins en montant.* Fig. 112. Esta labor viene á ser la inversa de la anterior. El primer minero se colo-

Digitized by Google

ca en *a*, en la parte inferior del macizo y en el costado mas prócsimo al pozo maestro; va labrando horizontalmente hácia *b*, llevando delante de sí un testero de 4–6 pies de altura. Cuando este primer minero ha avanzado de 6–7 varas se coloca otro en *a'*, encima de donde aquel ha empezado, y luego otro en *a''*, y así sucesivamente.

227. El cielo de la galería CD hay necesidad de irlo fortificando á medida que se abre la escavacion, no solo con el objeto de dejar espedita la comunicacion por esta galería, sino tambien porque su cielo ha de servir de piso á la labor del primer minero, y tiene ademas que recibir el mineral que se va arrancando Por consiguiente, habrá que ir armando una camada de estemples fuertes y bien unidos, ó una galería de medias portadas ó de portadas enteras, segun sea la calidad de la roca y la inclinacion del filon.

228. La ventaja que tiene este sistema de labor es que, no hay necesidad de ir armando encamaciones para cada línea de escavacion; los destrozos de la masa del filon sirven de piso á los barreneros y picadores, ó cuando mas, ellos mismos se arman un andamio que van removiendo á medida que avanza su testero; es admirable el ver algunas veces como ellos forman su andamio con cuatro tablas viejas. Pero no por esto dejarán de colocarse algunos estemples para sostener las salbandas ó astiales del filon en los puntos débiles, mientras no llega á ellos el relleno. Para subir desde los escombros á los andamios se ponen unas escalas de mano, que no suelen ser por lo general del mejor gusto ni de una gran comodidad.

229. La roca que se va arrancando de la masa del filon, se va colocando, como hemos dicho, sobre la encamacion que se ha hecho en el cielo de la galería inferior. Lo que es las zafras permanecerán allí, y con ellas se irá rellenando la escavacion; pero los minerales útiles es preciso estraerlos.

Los minerales que resultan de la labor del primer testero, esto es, del mas inferior, facil es el hacerlos pasar á la galería CD; para hacer otro tanto con los demas, se arma con entivacion un pozo *h* que comunica por su parte inferior con la ga-

Digitized by Google

lería, estando sostenido y sujeto por las zafras mismas, por consiguiente, se va armando á medida que sube la escavacion. Por este pozo se arrojan las menas y bacíscos á la galería inferior, para despues ser conducidos al pozo maestro. Cuando la escavacion ha avanzado bastante segun la horizontal, se puede armar otro *descargadero f* bajo los mismos principios que el primero.

La primera monda se hace en el mismo andamio provisional de barreneros y picadores.

230. Desde luego se vé la utilidad de esta clase de labor para cuando la masa del filon produce mucha zafra, puesto que se necesita poca enmaderacion para sostenerla y conservarla dentro de la mina. En los filones muy *echados* ó de poca inclinacion, esta labor es todavía mas sencilla, porque, los operarios pueden sostenerse con bastante comodidad sobre el yacente de la escavacion, sin necesidad de armar andamios ni buscar escalas.

Pero tambien hay sus desventajas comparándola con la labor en bancos descendente. La labor en testero no corre con tanta facilidad como la labor en banco; los picadores y barreneros tienen muchas veces que adoptar una posicion incómoda para manejar sus herramientas de abajo para arriba. Los operarios en general, pero sobre todo los dichos, tienen mas esposicion porque, si la masa del filon flojea, el peligro está sobre la cabeza; en la labor de bancos, una flojedad en la masa del filon es una ventaja, porque se arranca con mas facilidad y no hay riesgo ninguno. En la labor de testeros se puede desperdiciar mucho mineral util, sobre todo si es algo desmoronadizo, cayendo sobre las zafras é insinuándose por entre sus intersticios.

231. Si se quisiese dar mas actividad á las labores, se pueden empezar los testeros por ambos costados del mazizo como está representado en fig. 113. Tambien se puede atacar á un macizo con labor de testeros por su parte inferior, y con bancos dobles en la parte superior, habiendo cortado antes el piso con una galería media; pero nunca es bueno acumular tanto

las labores, sobre todo si ellas exigen alguna fortificacion.

232. Todo este arreglo y órden de labores que hemos descrito, rara vez se vé puesto en práctica en una mina, porque los propietarios de ella ó accionistas nunca tienen paciencia para aguardar á que se tracen y dispongan las labores, sino que luego que tropiezan con frutos, al instante quieren arrancarlos para percibir el valor de ellos, sin pensar en lo venidero ni hacerse cargo que, por esta ambicion mal entendida puede destruirse una mina; es decir, que se esponen á tener que abandonar las labores antes de haber, ni con mucho, agotado el criadero. Tambien hay algunos gobiernos que adolecen de este mal con respecto á los establecimientos que son de su propiedad; no miran mas que á sus apuros pecuniarios del momento; venga mineral, mas que la mina se hunda. El gobierno de Sajonia en esta parte sigue una marcha digna de imitarse; desde que ha tomado las minas bajo su inmediata proteccion y direccion, se van labrando con toda la economía y órden debidos, entendiéndose por economía el hacer ciertas obras á propuesta del consejo de minas, aun cuando su ejecucion cueste algunos miles de duros, pero que ahorran mucho mas para lo sucesivo.

Lo mismo sucede en Prusia y en el Harz.

### *Labor de través ó atravesada.*

233. *Ouvrage en travers* de los franceses. *Querbau* de los alemanes. Tiene su aplicacion cuando la potencia del filon es muy considerable, y que por consiguiente no hay ademas de suficiente longitud y resistencia para colocar estemples que apoyen en ambos astiales. Se llama labor de través porque, las labras en lugar de seguir la direccion del filon, se hacen perpendiculares á ella desde la una salbanda á la otra.

Esta labor en su totalidad es descendente, pero se va haciendo á trozos, y cada trozo se escava de abajo para arriba.

234. Supongamos que con el pozo maestro abierto en la masa del filon sobre el yacente, se ha llegado ya á una profundidad



Digitized by Google

conveniente para empezar las labores; lo primero que se hace es, desde él, abrir una galería de prolongacion de dimensiones ordinarias, y que vá siguiendo la direccion del filon por junto al yacente, descubriendo la salbanda pero sin arrancarla, á menos que no sea muy deleznable.

La fig. 114 representa una seccion horizontal dada al filon á dicha profundidad. La flecha indica hácia donde buza el filon, por consiguiente la parte *Y Y* es el yacente, y la parte PP es el pendiente. La galería de prolongacion está marcada en AB, suponiendo que el pozo maestro está en B, y que el punto A es el término de la pertenencia ó del trozo de filon que queremos beneficiar. Si esta galería ha de quedar para tránsito, se fortificará sólidamente por cualquiera de los métodos sabidos.

Una vez arreglada la galería de prolongacion, se coloca una pareja de mineros en *a*, los cuales van abriendo una labra *a a'*, esto es, dirigiéndose horizontalmente hácia el pendiente; esta labra será por supuesto de testero, y podrá tener hasta 3 varas de anchura si la roca es consistente, pero si no lo es, bastará darle solo dos varas; en cuanto á la altura será la misma que la de la galería, es decir sobre $2\frac{1}{3}$ varas. Otra pareja se coloca al mismo tiempo en *b*, mas avanzada que la otra de modo, que en el intermedio quede lugar para tres labras iguales á la primera; otra pareja se coloca en *c* con igual intérvalo, y asi sucesivamente las que se crean convenientes, segun la actividad que se quiera dar á la labor, y segun la distancia que haya hasta el pozo maestro. Cada pareja vá abriendo su labra hácia el pendiente y todas ellas de iguales dimensiones.

Si la masa del filon no ofrece mucha seguridad, entonces hay que ir sosteniendo el cielo de cada labra con una encamacion provisional de estemples ó de puentes, y cuando la labra ha llegado al pendiente, se vuelve hácia atrás cegando ó rellenando la escavacion con las zafras que han resultado de la monda; y al mismo tiempo se vá desarmando la ademacion para volverla á aprovechar en otra labra.

Digitized by Google

Despues de rellenadas las primeras labras, se empiezan á abrir las segundas *dd'*, *e'*, *ff'*, &c. bajo los mismos principios que aquellas, con solo la diferencia que la fortificacion provisional tendrá que ser de medias portadas porque, el astial de la derecha de estas labras no puede tener consistencia, en razon á estar formado por las zafras que han rellenado la primera labra. Las terceras labras se abren y se fortifican lo mismo que las segundas; pero en la fortificacion de las cuartas labras tienen que ponerse portadas enteras, porque sus dos astiales son de escombros ó zafras.

240. Cuando se han concluido las cuartas labras, quiere decir que se ha arrancado una capa de mineral de $2\frac{1}{8}$ varas de espesor, y en toda la longitud que se ha determinado beneficiar; pero no por esto ha resultado cavidad, puesto que la hemos ido rellenando con las zafras, escepto la galería de prolongacion si es que ha de servir para tránsito, comunicacion de labores, ó desagüe.

Luego de arrancada esta primera capa, se emprende con una segunda encima de ella bajo el mismo método; empezando por abrir la galería de prolongacion, y desde esta las primeras labras hácia el pendiente con distancias de á cuatro, &c. &c. Despues se beneficia una tercera capa, y así sucesivamente mientras dé de sí el mineral. En estas segundas capas el piso estará formado por los escombros de la capa inferior, por consiguiente los peones de las portadas y medias portadas tendrán que apoyarse sobre marranillos, los cuales se retirarán, lo mismo que el resto de la ademacion, cuando se haga el relleno respectivo. Este relleno se hará tambien en la galería de prolongacion.

La Fig. 115 representa un corte vertical dado al filon perpendicularmente á su direccion. El espacio comprendido entre las líneas *ad* y *bc* es la proyeccion del pozo maestro. A es la primera galería de prolongacion y que se ha dejado practicable para las necesidades de la mina. AC es una labra de la primera capa y que está ya rellenada. A'C' es una labra de la segunda capa, y que está rellenada inclusa la galería. A''C'' es una

labra de la tercera capa, que está fortificada pero todavía sin rellenar.

241. Esta labor como se vé es de abajo para arriba ó ascendente, pero no es de precision el que se empiece en el límite inferior del criadero, porque, no se ha de aguardar á que esté todo él reconocido para empezar á disfrutarlo. Por consiguiente, mientras se beneficia la parte reconocida debe continuar avanzando el pozo maestro, y cuando este haya llegado á una profundidad conveniente, partir de él con una primer galería de prolongacion, para desde ella fundar una segunda labor de través lo mismo que la ya ejecutada. En este caso, prescrito de antemano, cuando se fortifican las labras de la primera capa, hay que hacerles un suelo artificial ó encamacion en el piso, colocando atravesados y sobre ellos, tablas ó latones para que reciban el relleno. De este modo, cuando con la labor inferior se llega á la superior, á medida que, se van descubriendo los atravesados, se los va sosteniendo con pies derechos para que el relleno antiguo no se venga abajo; y todo ello se vuelve á quitar cuando se rellenan las últimas labras de la labor inferior, formando entonces un solo cuerpo ambos rellenos.

242. La labor de través es muy ventajosa cuando la masa del filon contiene mucha ganga que produce abundancia de zafras; pero ademas se aprovechan todos los escombros y roca que resulta de las galerías de reconocimiento y de cualquiera otra escavacion hecha en esteril, todo se aprovecha para el relleno. Si á pesar de esto no hay bastantes escombros para hacer el relleno, se tendrán que introducir de la superficie, ó bien hacer una *cantera subterránea*, del modo siguiente.

Se deja sin rellenar una de las traviesas ó labras de las de en medio de la labor, y en su misma direccion se sigue una galería D, Fig. 114 y 115, en la roca del pendiente, y de 20—30 varas de longitud. La apertura de esta galería va produciendo escombros para el relleno, pero si todavía no son suficientes, se abre una gran plaza E, dejando su cielo sostenido con uno ó mas pilares que se debilitan todo lo posible. Al cabo de poco tiempo se hunde toda aquella labor que se ha dejado en fal-

Digitized by Google

so, y resultan una porcion de escombros que hay que ir estrayendo con las precauciones debidas, para que no haya alguna desgracia.

Esta cantera subterránea no se debe abrir en el yacente, sobre todo si el filon es poco inclinado, porque podria dar lugar á hundimientos en las labores de la mina superiores á ella.

243. En el Harz hannoveriano hay filones de una potencia estraordinaria. La mina de *Bergwerkes-Wohlfahrt* está abierta sobre el filon llamado *Silbernadlergang*, que corre de S. E. á N. O. con una inclinacion de 75.° al S. O. y cuya potencia varia desde 3 hasta 18 toesas del pais, esto es, desde 6 hasta 41 varas castellanas. La galena argentífera, que forma el objeto de aquel laboreo, no se presenta diseminada en toda la masa del filon; se presenta formando tres, y á veces cuatro filones, que corren dentro del principal y en su misma direccion, separándose algunas veces en cortas ramificaciones.

Desde luego se ve que, seria un gasto inmenso el tratar de arrancar de hecho toda la masa del filon principal por medio de una labor atravesada, sobre todo en los parages en que la potencia llega á las 41 varas. Asi lo que hacen es, considerar la gran masa del filon como si fuera la caja del criadero, y beneficiar en ella los filones subalternos por los métodos descritos, usando de preferencia la labor en bancos descendente. De trecho en trecho abren galerías de reconocimiento, comunicando entre sí las labores de los diversos filones.

## §. 3.° *CRIADERO DE ALMADEN DEL AZOGUE.*

244. Todas las reglas que hemos dado para el beneficio de criaderos en filones, son aplicables en general á los criaderos en vetas, pero como estas presentan algunas veces grandes irregularidades, las labores en ellas abiertas no podrán siempre ofrecer la uniformidad y simetría que se suele dar á las minas abiertas en un filon. Por otra parte, como que la potencia

Digitized by Google

en las vetas es por lo general muy variable, la labor de arranque no podrá ser siempre la misma, y tal vez habrá necesidad de establecer en una misma mina, todas las diferentes clases de labor que hemos esplicado para los filones.

En Almaden han conciliado todos estos estremos adoptando una labor que llamaremos *labor mixta*, pues que participa de la de cortar alturas, la atravesada y la de bancos descendente. Es una labor muy bien entendida y adecuada á las circunstancias particulares de aquel criadero; los estrangeros no tienen noticia de ella absolutamente, y en España tampoco hay muchos que la conozcan; por lo tanto, me ha parecido no será fuera del caso dedicar un párrafo á su descripcion.

245. La caja del criadero de mercurio de Almaden corresponde á la formacion geognóstica llamada de la grauvaca, y comprende un miembro de ella que solo contiene capas alternantes de pizarra arcillosa carbonosa, y otras de arenisca cuarzosa muy dura y compacta: las capas calcareas y las de grauvaca propiamente dicha, con abundantes restos orgánicos, se hallan mas al Norte sobre el pendiente del criadero.

Las capas de todo aquel terreno no yacen en su posicion primitiva horizontal; han sido todas ellas trastornadas por erupciones posteriores (*) elevándolas hasta una posicion muy prócsima de la vertical en algunos puntos, y constituyendo cordilleras de mas ó menos consideracion, que no todas siguen una misma direccion. Por entre estas capas así enderezadas se han insinuado, del modo que quiera, las tres vetas de San Nicolás, San Francisco y San Diego. Lo que llaman *plan* de San Pedro, no es en realidad mas que una continuacion de la veta de San Diego. El plan de Santa Clara es una gran masa aislada en forma de columna, pero que tiene su dependencia ó union con la referida veta de San Diego: aquellos mineros la conocen con el nombre de *el fraile*.

La Fig. 116 da una idea de la disposicion del criadero; es

(*) Apuntes geognósticos y mineros sobre una parte del Mediodia de España. Por D. J. Ezquerra. Anales de minas. 1839.


Digitized by Google

una seccion horizontal dada á la profundidad del 7.° piso de las labores, incluyendo una parte de lo que llaman la *roca frailesca*; cuya presencia á mi parecer debe datar de la época de las erupciones de las masas plutónicas que trastornaron y destrozaron aquella formacion. La roca frailesca no es otra cosa que la reunion de una porcion de grandes trozos de grauvaca, y procedentes de una capa muy inclinada que se observa al N. E. de Almaden, cuyos trozos se han unido despues en virtud de la accion del fuego, constituyendo un enorme canto interpuesto en el medio del criadero; las labores de los Fuccares se hallaban indudablemente al N. O. de este canto, aun cuando sus límites por esta parte no han sido reconocidos todavía.

Sea como quiera, la roca frailesca es una roca muy dura y muy compacta de modo que, las escavaciones abiertas en ella no necesitan fortificarse; esta circunstancia, y la de su proximidad al criadero han hecho que, los ingenieros que han dirigido aquellas labores la hayan con mucho tino aprovechado para el establecimiento del pozo maestro de San Teodoro, para la apertura de los recipientes de agua, cuartos de herramientas, plazas y demas desahogos que necesita una mina de aquella consideracion.

246. La direccion de las vetas es de N. O. á S. E. de la ahuja magnética; su inclinacion mas general es de 75—80.° hácia el N. E., pero en la veta de San Francisco alguna vez inclina solo de 45.° volviendo despues á enderezarse. La estension del criadero, segun está marcado en la figura, comprende unas 200 varas de longitud y sobre 80 de latitud, pero en tan corta estension ¡cuánta riqueza se encierra!

Todas tres vetas aumentan de longitud y de potencia con la profundidad, y ¡quién sabe lo que nos encontraremos cuando las labores hayan bajado otras 300 varas mas!

247. La labor considerada en total consiste en pisos ó galerías de prolongacion, que comunican con el pozo vertical de San Teodoro, el cual va siempre algo mas avanzado que el resto de las labores.

Como que la longitud de las vetas es corta, no se disponen mas que dos, lo mas tres macizos de labor, por medio de pozos interiores que siguen la inclinacion de la veta; pero estos pozos son mas bien las *profundidades* de la labor de arranque, la cual se verifica del modo siguiente.

248. Se empieza por abrir una profundidad sobre el yacente, de 4 varas de largo segun la direccion de la veta, y 3 varas de ancho segun la potencia. A medida que esta profundidad va avanzando, se van corriendo bancos sobre sus dos testeros, dándoles 2 varas de altura, y la misma anchura de la profundidad, resultando una labor como la representada en Fig. 111, y con la cual se vá arrancando todo el mineral inmediato al yacente en un espesor de tres varas.

A medida que la profundidad y los bancos correspondientes van llegando 6 varas mas abajo del nivel en que se ha determinado establecer el piso ó galería inferior, se van abriendo labras ó traviesas hasta el pendiente, dándoles 4 varas de anchura, y distando otras 4 varas unas de otras. En el hueco que dejan estas labras se construyen arcos, de las dichas 4 varas de longitud, y de toda la amplitud que arroje de sí la veta en aquel punto, puesto que sus arranques han de apoyar en el esteríl de ambos astiales. Estos arcos son la base y fundamento de toda la labor del piso.

Antes de pasar mas adelante, representaremos gráficamente lo dicho. La Fig. 117 representa una seccion segun la direccion de la veta, é inmediata al yacente: AB, es la galería superior ó punto de partida donde empieza la labor: GH, es la profundidad sobre el yacente con sus bancos correspondientes: CD, es la galería inferior que se trata de establecer: EF, es el nivel hasta donde ha bajado la escavacion en bancos, 6 varas mas abajo del piso de la galería CD: *a*, *b*, *c*, *d*, &c. son las labras ó traviesas para los arcos fundamentales.

La Fig. 118 es una seccion horizontal dada á la veta en la parte inferior de la labor; la flecha indica el buzamiento del filon. AB corresponde á la escavacion abierta con los bancos

Digitized by Google

sobre el yacente: *ab*, *cd*, *ef*, &c. son las traviesas para la construccion de los arcos.

La Fig. 119 es un corte perpendicular á la direccion de la veta dado por la profundidad GH; CD, es el nivel de la galería inferior, y *ab* es el arco fundamental que se ha construido 6 varas por debajo de ella.

249. Sobre los arcos fundamentales se van elevando macizos de mampostería de la misma longitud y anchura que ellos, entrando un poco en el estéril para mayor seguridad, pero si la salbanda es muy floja, acostumbran á no arrancarla, y aun á dejar algo de mineral. Para subir estos macizos, á que dan el nombre de *obras*, es indispensable ir alzando la escavacion de las traviesas, pero esto no lo hacen sino á medida que sube la mampostería de la obra correspondiente, sin que resulte nunca un hueco de mas de 2 varas de altura: no es posible proceder con mas prudencia ni con mayor seguridad: asi es, que el beneficio de la mina de Almaden puede continuarse en toda la profundidad que se quiera y por mucha potencia que presenten las vetas, sin tenerla que abandonar por estas causas como les sucedió á los Fuccares.

Cuando las obras han subido al nivel de la galería inferior, se deja en el medio de cada una de ellas un boquete C, Figura 120, de 2—3 varas de anchura y 3 varas de altura, guarnecido con su correspondiente arco. Estos boquetes se ponen en comunicacion atravesando, con iguales dimensiones que ellos, el mineral interpuesto entre cada dos obras, y con esto queda formada la galería.

Las mamposterías se continúan bajo el mismo método, hasta que suben á apoyarse en los arcos fundamentales de la galería ó piso superior; de aqui el gran cuidado que hay que tener en que las obras se correspondan bien unas con otras las de todos los pisos.

Con el objeto de alijerar las mamposterías, se suelen dejar algunos boquetes D á diferentes alturas, los cuales son despues de mucha utilidad para el tránsito de operarios y de materiales, cuando se arranca el resto del mineral. Tambien se

ha dispuesto últimamente el dejar en lo interior de las mamposterías de cada obra algunos huecos ó especie de cajones, que se rellenan con zafras evitando el sacarlas á la superficie.

250. La mampostería de las obras se construye con piedra arenisca que se introduce de la superficie, cuyas canteras están abiertas junto al pueblo mismo, y muy prócsimas al brocal del pozo de San Teodoro.

A los arcos fundamentales suele darse 1 vara de espesor, y sobre 2 varas de sagita. Algunos se construyen con lajas de arenisca, pero como no sea muy frecuente el encontrar la roca en esta disposicion por aquellas inmediaciones, hay precisamente que echar mano de ladrillos artificiales para la mayor parte de los muchos arcos que hay que construir. Los ladrillos que se emplean en el dia son en forma de dovela, y tienen 12 pulgadas de largo y 8½ de ancho, 4 de grueso en la parte superior ó extrado, y 3½ en el intrado.

251. Para sostener provisionalmente el pendiente de la escavacion que resulta de la primera labor de los bancos, se colocan fuertes estemples de trecho en trecho, en los parages que se creen necesarios; pero como el arbolado va escaseando tanto, se economiza la madera lo mas que se puede, y en lugar de poner estemples se dejan algunas veces llaves de mineral sin arrancar, reservando aquellos para los casos mas perentorios y no previstos. Tambien han adoptado modernamente el construir arcos de mampostería, que llaman *provisionales*, para sostener el pendiente de la dicha escavacion, cuyos arcos apoyan en mineral, cuando menos el uno de sus arranques, lo cual parece ser contra las reglas del arte; pero aqui no traen ningun inconveniente, siempre que se tenga cuidado de colocarlos en la correspondencia de una obra para que, cuando esta suba queden embebidos en ella.

252. Cuando todas las obras han llegado á apoyarse en los arcos fundamentales de la galería superior, quedan entre ellas otras tantas columnas de mineral, y del mismo volumen por consiguiente que ellas. El arranque de estas columnas no ofrece ya dificultad ninguna, porque los astiales de la [illegible]eta están

Digitized by Google

sostenidos con la mampostería; esta labor es muy productiva y de poco coste.

Si el astial pendiente que ha quedado descubierto entre dos obras manifiesta alguna flojedad, suelen construir un arco que se apoya en ambos, y las asegura por consiguiente; estos arcos deben ser muy rebajados, y sobre ellos se levanta un muro de sobrecargo.

253. Arrancadas las columnas de mineral, para poder pasar de un boquete á otro de la galería, se arma una encamacion sostenida con gruesos puentes que se apoyan en las dos obras resultando un piso como está representado en AB Fig. 121, la cual es un corte dado por el medio de la veta ya beneficiada por su parte inferior, y segun su direccion.

254. Tal vez parecerá á primera vista que, el método de laboreo establecido en Almaden debe ser muy costoso, en razon á la mucha mampostería que se emplea, pero es todo al contrario: las obras de mampostería resultan allí mucho mas económicas que si se fortificase con entivacion, aun cuando las maderas fuesen muy abundantes.

La economía en los gastos de un laboreo pende de una porcion de circunstancias; la principal de todas ellas consiste en la riqueza relativa del mineral que se beneficia, es decir; del cuanto por ciento de metal ó de mineral vendible que contiene la masa del criadero; porque es claro que, cuanto mas pobre sea, tanto mas habrá que escavar para obtener un quintal de mena y para obtener un quintal de metal. Luego entra la mayor ó menor dificultad en la preparacion mecánica de los minerales, y en su fundicion ó reduccion á estado metálico, lo cual varía estraordinariamente, é impide por consiguiente poder hacer una comparacion esacta entre los resultados de criaderos de distinta naturaleza: lo mejor seria presentar el coste que en cada uno de ellos tiene un quintal de mena, arrancado y estraido á la superficie; pero, á falta de estos datos presentaremos otros que no dejan de ser interesantes, y manifiestan ademas que el mineral de mas valor no es siempre el que mas utilidad deja á los mineros.

1.° En Almaden; el mineral puesto ya á la boca de los hornos se compone de mena y de baciscos, y contiene término medio 10 por ciento de mercurio, de modo que, para obtener los 20000 quintales que se producen anualmente, se tienen que estraer 200000 qq. de mineral. Por el método como está alli establecida la contabilidad no es facil decir con exactitud lo que se debe cargar en cuenta por el arranque, estraccion y conduccion hasta los hornos de esta cantidad de mineral, pero seguramente no pasará de 4½ millones de reales; de modo que, un quintal de mineral puesto á la boca del horno, se puede decir que tiene de coste término medio, sobre . . 23 rs. vn.

El quintal de mercurio puesto en Sevilla, incluyendo todos los gastos de fundicion y de transporte, en el quinquenio de 1829—34, tuvo de coste. . . . . . . . . . 318 rs. vn.

El quintal de mercurio se vende en el dia á. . 1200 rs. vn.

2.° En Rio-tinto el mineral contiene 3 por ciento de cobre, pero allí no hay zafras ni baciscos, todo es mena y muy fácil de arrancar. Cuando aquellas minas se beneficiaban por la real hacienda, el arranque y estraccion de un quintal de mineral costaba. . . . . . . . . . . . . . . 1 rs. 17 mrs.

El quintal de cobre afinado inclusos gastos de toda especie, tenia de coste (*) . . . . 412—08 «
y producía en venta. . . . . . . . . . . . . 500—00 «

3.° En la mina de *Neue Hoffnungs Gottes* en Sajonia, en el año 1830, el mineral ya molido y lavado, ó lo que se llama el *Schlich* ó eschlig, contenia á razon de 3 onzas de plata por quintal, y este quintal de mineral tuvo de coste. . 55 rs. Por consiguiente, el mineral necesario para producir un quintal de plata tenia de coste, antes de entrar en el horno, 29333 rs. y por esta cantidad de eschlig no recibian de las fundiciones mas que 28700 rs. (**) No era este año sin embargo el mas desgraciado para aquella mina.

(*) En el dia resulta mucho mas económico.

(**) En las inmediaciones de Freiberg hay dos establecimientos de fundiciones por cuenta del gobierno; allí se tiene que llevar todo el eschlig producido por las minas, el cual es pagado á proporcion de su contenido de plata y de plomo, y con arreglo á una tarifa establecida por el mismo gobierno.

Digitized by Google

4.° En las minas de carbon de piedra, un quintal de mineral arrancado, estraído á la superficie y en disposicion de ser aprovechado por los consumidores, viene á tener de coste. . . . . . . . . . . . . . . . . . 0 rs.—17 mrs.
que se suele vender de 2—2½ rs. al pie de la mina.

## §. 4.° *Criaderos en capas.*

255. Cuando las capas han sido trastornadas de su posicion horizontal y se presentan en una posesion fuertemente inclinada, en ese caso hemos dicho (199) que, para su beneficio deben considerarse como si fueran filones, y por consiguiente se establecerán en ellas una de las labores ya esplicadass, segun sea la potencia y demas circunstancias del criadero; pero cuando las capas se encuentren en posicion horizontal ó prócsimamente, entonces habrá que establecer otro órden en su laboreo, y es de lo que vamos á ocuparnos, esplicando el practicado en los criadores de ulla, que, como ya sabemos, son los que mas frecuentemente se presentan en esta disposicion.

256. Los criaderos de ulla son sin duda ninguna los mas abundantemente repartidos en la naturaleza, los mejor conocidos, y los que en general estan labrados y dirigidos con mas órden y con mas inteligencia. A esta última parte contribuyen varias causas, 1.ª la facilidad con que en ellos se hacen las escavaciones de beneficio, en razon á la poca consistencia del mineral; 2.ª el que por lo general se hallan acompañados y aun interpolados con criaderos de hierro, de los cuales se sacan muchos auxilios para el laboreo de aquellos; y por la inversa, la procsimidad de un criadero de ulla trae muchas ventajas para el beneficio de cualquiera otro mineral, suministrando el combustible necesario para el movimiento de las máquinas y para la marcha de las fundiciones. 3.ª Tambien debemos reconocer con franqueza que, somos deudores á los ingleses de los adelantos y perfeccion á que ha llegado el be-

Digitized by Google

neficio de esta clase de criaderos que tanto abundan en aquella isla. Todo lo que tiene relacion con artes é industria lo hacen bien los ingleses, y en eso está fundada su gran prosperidad. . . . . . . . . . . . . .

257. La labor que mejor se aplica al beneficio de los criaderos de ulla en capas horizontales es, la llamada *de macizos*, pudiendo estos ser ó bien *cortos*, ó bien *largos*, segun convenga.

*Labor en macizos cortos.*

258. Esta labor es la que se emplea en el criadero de Newcastle en el Northumberland, y que estableció el ingeniero Buddle, director de aquellas minas, de las cuales se estraen anualmeute sobre 80 millones de quintales españoles de ulla.

Las capas de aquel criadero se presentan cuasi horizontales, y con un espesor de 2 hasta 8 pies. Las labores llegan á cerca de 400 varas de profundidad.

259. Hay que empezar por disponer el criadero, esto es, hacer las labores preparatorias para despues poder verificar las de arranque sin interrupcion.

Si la configuracion del terreuo lo permite se atacará el criadero por una ladera, abriendo desde ella un socabon lo mas bajo posible. En caso de no, habrá que abrir un pozo maestro vertical en A, Fig. 122, profundizándolo hasta tropezar con una capa de ulla beneficiable, y cuya planta ó proyeccion horizontal es la representada en dicha figura.

Una vez llegados con el pozo á la capa que se trata de beneficiar, se sale desde él abriendo la galería *principal ó fundamental ab*, la cual seguirá en el sentido de la mayor estension del criadero, si es que la capa yace perfectamente horizontal; pero si la capa está algo inclinada, la galería fundamental deberá entonces seguirse por la línea que marque la direccion de la capa.

Para mayor comodidad en las faenas de la mina, y para la buena ventilacion de la galería principal, conviene abrir jun-

Digitized by Google

to á ella otra galería *ab* que le sea paralela, con la cual se vá comunicando de trecho en trecho, y que por esta razon llamaremos *galería ausiliar*.

Desde la galería principal y su ausiliar, cuando ambas han llegado ya al término del criadero ó de la pertenencia, se van abriendo en direccion perpendicular á ellas las galerías ó traviesas *cd*, *c'd'* &c., á igual distancia unas de otras. A medida que avanzan las traviesas se van abriendo otras galerías que las crucen en ángulo recto, y que resultarán por consiguiente paralelas á la galería principal, de cuya circunstancia toman el nombre de galerías paralelas ó simplemente *paralelas*. Del cruzamiento de estas con las traviesas vienen á quedar una porcion de macizos ó paralelipípedos aislados de mineral, y cuyo arranque constituye la verdadera labor de beneficio.

260. El arranque de los macizos se empieza por los puntos mas estremos de la mina, porque de este modo no hay ya necesidad de transitar por ellos despues de beneficiados, y tampoco por consiguiente necesitan fortificarse; pero no es indispensable el que las labores preparatorias estén dispuestas en toda la estension de la pertenencia antes de empezar el arranque ó beneficio, basta que haya un cierto número de macizos proporcionado á la actividad que se trata de dar á las labores, es decir proporcionado á la cantidad de frutos que se quieren producir anualmente. Las labores preparatorias continúan siempre de modo que, no falten nunca macizos ya preparados para el beneficio.

Despues de arrancado el mineral que constituye un macizo queda el techo abandonado á sí mismo, y por consiguiente se desploma al cabo de mas ó menos tiempo, y la escavacion se ciega. Si la roca superior á la ulla es floja ó poco consistente, habrá que proceder con mucha precaucion en el arranque del mineral para evitar desgracias que serian consiguientes. Lo mejor y mas seguro es no arrancar todo el macizo, sino dejar unos trozos *perdidos*, tal como *m*, *n*, *o*, *p*, &c. que vienen á servir como de llaves, sosteniendo el techo de la escavacion. Los macizos inmediatos á la galería principal, son los úl-

tìmos que deben arrancarse en su línea correspondiente.

261. Las dimensiones de las galerías y traviesas, la distancia de unas á otras, y por consiguiente el espesor de los macizos, dependerán, no solo de la mas ó menos consistencia de las rocas entre que yace la capa de carbon, sino tambien de la consistencia del carbon mismo para sostener el cielo de las escavaciones hechas. Estas circunstancias solo podrá apreciarlas el ingeniero cuando el criadero esté ya bien reconocido, y con arreglo á ellas determinará los detalles de la labor en macizos. Lo que es la altura de las galerías debe ser siempre igual á la potencia de la capa de ulla.

262. En la mina de Newcastle las galerías de labor no salen perpendiculares á la principal, sino formando con ella un ángulo de 45.° (*), pero se cruzan entre sí en ángulo recto. La galería ausiliar dista unas 10 varas de la principal. Las paralelas tienen 4 varas de anchura, y las traviesas solo 2, y los macizos resultan tener 20 varas de largo y 11 de ancho. Los macizos perdidos los dejan en el costado menor del macizo de labor, tienen por consiguiente 11 varas de longitud, con una anchura de 3—4 varas.

Cuando está beneficiada del modo dicho una capa de ulla que yace horizontal ó prócsimamente, se continúa el pozo maestro para buscar otra capa y establecer en ella iguales labores. No es indispensable el que la capa superior esté enteramente agotada antes de empezar las labores de una inferior, muy al contrario, las labores deben estar prevenidas y dispuestas con tiempo, para que no se interrumpa la estraccion mientras haya mineral en el criadero; lo que sí se debe tener presente es que, las labores superiores deben ir siempre mas adelantadas que las inferiores, para de este modo evitar las consecuencias de los hundimientos que tienen precisamente que verificarse en este sistema de labores. Un hundimiento en el techo se puede sostener como se quiera, pero cuando se

---

(*) Heron de Villefosse. Lám. 41, ter.



hunde el suelo de la escavacion, como podria suceder si las labores inferiores fuesen mas adelantadas, ya no hay que volver á contar con aquella cavidad, á menos que el mineral no sea muy precioso y pueda pagar los gastos de una labor en avance; la ulla no los paga.

El que las labores superiores de un criadero de ulla vayan mas adelantadas que las inferiores, tiene por otra parte un inconveniente que es preciso tener muy presente. Como estos terrenos suelen ser muy abundantes en aguas, y tanto mas, cuanto mejor es la calidad de la ulla, puede suceder bien que algunas de ellas queden depositadas en los distritos ya cultivados y abandonados de la mina, resultando lo que llamamos en minería *aguas colgadas*. Si las labores inferiores no están dirigidas con inteligencia, un solo golpe de barreno puede bastar para dar salida á estas aguas, inundar repentinamente las labores inferiores, y perecer los trabajadores que se hallen en ellos, como se ha verificado ya mas de una vez (160).

263. Las ventajas de este método de labores en macizos cortos se conciben desde luego. La primera y principal es no necesitar ninguna clase de fortificacion; cualquiera que se emplease habia de ser mas costosa que el valor del mineral contenido en los macizos perdidos. La otra ventaja es que, una vez dispuestas las traviesas y paralelas, y aislados los macizos, se pueden colocar en ellos una porcion de trabajadores á la vez, y hacer una grande estraccion en muy poco tiempo, para satisfacer á una demanda repentina. La ulla es un mineral que gana muy poco con el contacto del aire atmosférico, y mucho menos con andarlo removiendo de una parte á otra, porque se destroza y desmenuza con facilidad; por consiguiente no se deben formar grandes depósitos ó almacenes en la superficie; el mejor almacen para la ulla es dentro de la mina, y en su yacimiento natural.

## *Labor en macizos prolongados.*

264. La labor en macizos cortos no tendrá buena aplicacion para cuando la ulla y la roca que le sirve de techo son dema-

siado flojas porque, entonces no se puede pasar sin fortificacion, y en grande abundancia. Tampoco será bueno este sistema de labor cuando el espesor de la capa de ulla sea muy considerable, porque en este caso, el valor de los macizos perdidos ya no es una cosa despreciable. Por estas razones el método generalmente seguido en el continente es, la labor en macizos largos ó prolongados, cuyo método es practicable aun cuando las capas estén algo inclinadas.

265. Del mismo modo que para los macizos cortos, se empieza por abrir una galería principal AB, Fig. 123, la cual saldrá á la superficie ó comunicará con un pozo maestro, segun la configuracion del terreno. Desde esta galería principal rompen á derecha é izquierda y perpendicularmente á ella, las galerías de labor *ab*, *a'b'*, &c., distantes 10—14 varas entre sí, las cuales se continúan hasta el fin del criadero ó término de la pertenencia, y con ellas quedan determinados los macizos que, resultan tener 10—14 varas de anchura y una longitud igual cuando menos, á la mitad de la estension del campo de labor.

266. Para arrancar el mineral se empieza por el estremo del gran macizo, abriendo una labra *cdfe* de 3—4 varas de ancho, y que deberá empezarse por su parte inferior si la capa está inclinada. Luego de arrancada esta labra, se arranca inmediatamente á ella otra de iguales dimensiones; y asi sucesivamente hasta llegar á la galería principal.

Si el techo es demasiado flojo, habrá que irlo sosteniendo con peones en los puntos que se crea necesario, formando lo que llaman los alemanes *entivacion de órgano*; pero de todos modos, siempre será conveniente ir armando una línea de peones *ef* á medida que se va abriendo la primera labra, cuya línea de peones sirve de resguardo á los trabajadores para el arranque de la segunda labra *efhg*, y lo mismo en las demas.

Tambien puede haber necesidad de fortificar las galerías de labor, bien sea desde un principio cuando se abren, ó bien á medida que se va haciendo el arranque del mineral.

267. Desde luego se vé que, la gran desventaja de este mé-

Digitized by Google

todo es la mucha madera que se necesita para la fortificacion. Por esta razon se procura siempre aprovechar las adémas, quitándolas de su lugar á medida que se van abandonando las labores; cuya operacion es arriesgadísima, sobre todo para la línea de peones de resguardo. En las minas de ulla de las Silesia superior acostumbran pagar á los mineros un real de vellon, por cada palo de 7 varas de longitud que sacan entero y sin destrozar: por esta pequeña recompensa se esponen aquellos infelices á perder la vida, ó cuando menos un brazo ó una pierna; es verdad que, no es solo el interés el que les mueve á ejecutar aquella arriesgada operacion; el deseo de adquirir fama de diestro y de valiente entre sus compañeros, influye mas que la miserable retribucion que reciben.

Para salvar los peones, lo que hacen es quitar primero los que no son tan precisos para sostener las presiones, dejando solo los indispensables para que el techo no se hunda en el momento. A estos que quedan les atan una cuerda ó soga larga á su pié, de cuya cuerda tiran desde un paraje seguro, arrastrando hácia sí el palo. En desplomándose el techo, el palo que no se ha sacado allí se queda. Son bastante frecuentes las desgracias que ocurren en esta operacion.

268. Por este método de labor en macizos prolongados, se benefician capas de ulla desde el espesor de un pie hasta el de 25. El método es siempre el mismo, lo que únicamente varía es la longitud de los peones.

En el criadero de Altekirche en la Babiera del Rhin se beneficia una capa de ulla que yace horizontalmente, y tiene de espesor solo 12 pulgadas. La altura de las galerías de labor no pasa de 14 pulgadas de modo que, los mineros tienen que trabajar enteramente echados en el suelo, como se manifiesta en la Fig. 124, á lo que los franceses llaman *trabajo de cuello torcido.*

Para arrancar la ulla la franquean primero por su parte inferior, valiéndose para ello de la herramienta que hemos llamado el gancho (10); despues de hecho este franqueo, hacen cortes verticales de trecho en trecho para aislar trozos de ma-



Digitized by Google

ó menos magnitud, los cuales se acaban de desprender metiéndoles cuñas de madera por la parte superior entre la ulla y la roca.

La galería principal, y por la cual se hace el acarreo, tiene solo 4 ½ pies de altura, de modo que los que empujan las carretillas tienen que ir siempre agoviados, y con la eincha por encima de los riñones. Con este modo tan penoso de trabajar estraen en Altekirche 30000 quintales de ulla al cabo del año, sin necesitarse para ello mas que 36 mineros, un carpintero, un capataz y un director. La calidad de aquella ulla es bastante inferior, y solo la aplican para quemar cal y para los usos domésticos; por esta razon su principal despacho es en el otoño, cuando los habitantes de aquellas inmediaciones hacen provision para calentarse en el invierno.

269. Cuando las capas se presentan inclinadas, como la inclinacion no pase de 30 á 40°, se podrá emplear el mismo método de laboreo que acabamos de describir, con la diferencia que en lugar de peones serán estemples los que se empleen para sostener el pendiente de la escavacion.

Si las capas estan algun tanto inclinadas, la galería principal no podrá abrirse en mineral; lo mejor es, si la configuracion del terreno lo permite, abrir un socabon en estéril que vaya á cortar la capa de ulla normalmente á su direccion. Cuando se llega á ella, parten galerías de labor á derecha é izquierda, y se siguen hasta el fin de la pertenencia. Llegado á este término se abren las labras de abajo para arriba, y bajo los mismos principios que hemos dicho antes. Cuando el arranque del mineral ha avanzado algun tanto, se abre otro socabon inferior, correspondiendo exactamente con el primero, y á una distancia igual á la longitud que se quiera dar á las labras. De este segundo socabon se sacan las galerías de labor, y de estas las labras hasta llegar á lo beneficiado en la parte superior, y asi sucesivamente se van haciendo socabones mientras haya campo de labor. La Fig. 125 es un corte vertical dado por los socabones *ab*, á una mina en criadero de ulla que presenta varias capas de mineral *cd*.

Digitized by Google

En el criadero de Saint Ingbert (pág. 67), se halla establecido con el mayor órden este laboreo, á través de las 34 capas de ulla descubiertas hasta el dia (*). Hay abiertos siete socabones, que se corresponden esactamente unos debajo de otros á distancia de 10—12 varas, contadas segun la inclinacion de las capas, que es de 35.° hácia el N. El mas largo de estos socabones se interna 600 varas, con una altura de 7 pies y una anchura de 5½. La roca es una arenisca bastante consistente para conservarse abierta sin necesidad de fortificacion; solo á la entrada de cada socabon hay unas cuantas varas revestidas de mampostería con su correspondiente bóveda de medio punto, y en la parte esterior una bonita portada de piedra de sillería. Las galerías de labor están sostenidas con entivacion de medias portadas. Para la produccion de 360000 quintales anuales, se ocupan solo 230 personas, inclusos los ingenieros y capataces.

270. El mayor precio en venta de la ulla y de toda clase de carbon mineral, no pende solo de su mejor calidad como combustible, sino tambien de la magnitud de los trozos arrancados, asi es que en toda mina de carbon se acostumbran á hacer tres suertes para la venta del mineral; 1.ª pedazos grandes, 2.ª pedazos pequeños, 3.ª polvo de carbon; por consiguiente, el interes de la empresa ecsige el que se arranquen trozos lo mayores posible. Para conseguir esto habrá que labrar á estilo de cantera (51), formando paralelipípedos y encuñando. En las minas de Sabrze en Silesia, es la ulla tan dura y tan tenaz que, necesitan muchas veces dar barrenos para hacerla saltar, pero esto no es lo comun.

En Saint Ingbert la ulla de primera calidad se vende á 13 kreutzers (1 real 15 mrs.) el quintal, y la de segunda á 8 kreutz. (36 mrs.); se paga á los trabajadores á razon de 4 kreutz. por cada quintal de ulla que arrancan y estraen á la superficie.

(*) Me refiero al mes de octubre de 1831 que fué cuando yo visité aquellas minas.

En Altekirche la ulla de primera calidad se vende á 13 kreutz. la de segunda á 10, y á los mineros se les abona 5 kreutz. por cada quintal estraido.

### §. 5.° *Criaderos en masa y stockwerk.*

---

271. En esta clase de criaderos es todavía mucho mas difícil que no en las capas y filones, el poder desde un principio establecer las labores del modo que el arte lo requiere; y la razon es porque, como las masas se presentan bajo formas tan irregulares y tan diferentes unas de otras, mientras ellas no estén bien reconocidas, no se puede determinar cuál ha de ser el método y órden que se ha de seguir en la labor; asi es que la mayor parte de estos criaderos se han labrado mal en un principio; la correccion y buen órden han venido despues, como se ha verificado en Altemberg, Geyer, Fahlun, Riotinto, &c.

272. El método que se debe emplear, y que generalmente se emplea para labrar estos grandes depósitos de mineral es, formando suelos á cierta distancia unos de otros, y que quedan sostenidos por pilares que se corresponden perfectamente los de unos suelos con los de otros. Tanto los suelos como los pilares quedan constituidos por el mineral que se deja sin arrancar, á menos que su riqueza sea tal que, pueda pagar el enorme gasto de reemplazarlos con entivacion ó con obras de mampostería, como ha sucedido en el plan de Santa Clara en la mina de Almaden.

Esta labor es la generalmente usada en los criadores de Stoekwerk, y por esto los alemanes la llaman *labor de Stockwerk*; pero nosotros diremos *labor en pisos y pilares*, y se practíca del modo siguiente.

273. Una vez reconocida la marcha ó disposicion de la masa MM, Fig. 126 y 127, se empieza por abrir el pozo maestro A en la roca estéril y á cierta distancia del criadero, pa-

Digitized by Google

ra que se halle al abrigo de cualquiera accidente que pueda ocurrir en las labores. Este pozo maestro debe ser vertical y continuar del mismo modo, aun cuando llegue á dar en el criadero á mayor profundidad ; el abrir un nuevo pozo seria muy costoso, en todo caso lo que se puede hacer es, si la masa ensancha demasiado en su parte inferior, partir el pozo maestro en dos trozos, esto es, abrir un segundo pozo A′ separado del primero, pero tambien vertical, y que empiece al mismo nivel que concluye aquel. Si la masa del criadero tiene alguna inclinacion á modo de filon, entónces el pozo maestro debe abrirse hácia la parte del yacente.

Desde el pozo maestro se abrirá un caño de desagüe á la mayor profundidad posible, segun lo permita la configuracion del terreno.

A medida que vá profundizando el pozo se destacan desde él las galerías de labor *ab*, atravesando primero la roca estéril, y despues la masa de mineral hasta llegar otra vez al estéril. La distancia en profundidad de una galería á otra, será la altura que se haya determinado dar á los pisos, y dependerá de la mas ó menos consistencia de la roca ó mineral que constituye el criadero. Desde cada galería de labor se abren perpendicularmente á ellas las traviesas *cd*, continuándolas hasta encontrar la caja del criadero ó roca estéril por ambos estremos.

274. Todas estas labores son solo preparatorias. Para el arranque del mineral se vá escavando en cada piso hácia el superior, y dejando los pilares *p*, que han de corresponderse perfectamente unos con otros en vertical. No se llega con las escavaciones hasta el piso superior, sino que se deja un cierto espeso sin arrancar para que forme el suelo de cada piso; y para que este suelo esté mas firme, se van dejando los pilares cada vez mas gruesos á medida que se sube, hasta que por último se unen unos con otros formando bóveda, como está marcado en la Fig. 126. El espesor de los pilares y de los suelos dependerá igualmente de la consistencia del mineral.

275. Cuando se haya profundizado de tres ó cuatro pisos

con esta labor, se puede empezar á arrancar el suelo del primero superior, y luego sucesivamente los demas; resultando por consiguiente unos pilares muy altos que tal vez puede haber necesidad de sostener con estemples horizontales, ó con arcos de mampostería que se apoyen en ellos.

Si en alguno de los pisos es necesario conservar algunas comunicaciones, bastará dejar sin arrancar la parte del suelo correspondiente á la línea, y en la direccion que haya de seguir aquella. Tambien se puede armar un suelo artificial con entivacion ó con mampostería, apoyándose en los pilares.

Si el mineral es muy rico, tambien se pueden aprovechar los pilares, arrancándolos antes de quitar el suelo; pero primero es preciso construir en el hueco de cada bóveda, un fuerte pilar de mampostería, y de este modo no se desperdicia mas mineral que, la parte de suelo comprendida en las correspondencias de los pilares de cada piso con los del inmediato.

276. Con esta labor de pisos y pilares se puede arrancar toda la masa del mineral, por grandes que sean sus dimensiones, sin muho coste y con toda seguridad; pero hay que poner mucho cuidado en guardar bien la correspondencia de los pilares, tanto los de mineral como los de mampostería; sin embargo, si el mineral no es muy rico y las salbandas del criadero son algo flojas, como sucede en Rio-tinto, se puede dejar sin arrancar una capa ó costra de mineral, de dos á tres varas de estension en el contacto del estéril y todo al rededor del criadero, con lo cual quedará la cavidad perfectamente segura.

277. Este método de labores se halla establecido, segun hemos indicado (271) en varias minas de Europa, y en cada una de ellas varían las dimensiones de los pilares y la distancia de un piso á otro, segun es la calidad del mineral.

En el Stockwerk de Geyer (pág. 59,) dejan solo un pilar en el medio, dándole 6 varas de diámetro en su parte inferior, ensanchando despues para formar bóveda en todos sentidos. La distancia de un piso á otro es 23 varas, y el grueso de los suelos de 6—7 varas. Las labores actuales que datan solo desde 1806, llegaron á 70 varas de profundidad, y el caño de des-

Digitized by Google

que está á 19 varas de la superficie. Las labores antiguas se hundieron en 1803.

La mina de Stahlberg en la Prusia del Rhin, está abierta en una gran masa de hierro espático, encerrada en terreno de la formacion de la grauvaca. La altura de las bóvedas es de 7 varas, el espesor de los suelos $12\frac{2}{3}$ varas. El criadero de Río-tinto (pág. 60) es una masa de pirita prolongada de E. á O. en una distancia tal vez de mas de una legua; su espesor por la parte de Poniente donde se hallan establecidas en el dia las labores, varía de 30 á 80 varas y forma en el pendiente una línea ondulosa. Desde que aquella mina entró en poder de la real hacienda en 1782, trataron de establecer la labor de pisos y pilares, pero no tenian un ingeniero que la dirigiese, y las labores estaban al cargo del capataz Huber que no sabia geometría, ni conocia el uso de la brújula y sin embargo pasaba por inteligente, sin duda porque era hijo de un minero aleman. El resultado fué un desórden y una confusion tal en las labores, que en 1828 cuando se emprendieron de nuevo los trabajos, hubo que armar una porcion de entibaciones para hacer transitables aquellos laberintos; siendo así que segun las reglas dadas, no debe necesitarse siquiera un palo para beneficiar aquel criadero.

Nombrado yo en agosto de 1837, por la direccion general de minas, para reconocer el estado de aquellas labores y proponer el sistema que en ellas debia seguirse en lo sucesivo; con fecha 18 de octubre del mismo año presenté un proyecto de labor en pisos y pilares, que no es de mi objeto detallar, solo diré las dimensiones que me parecieron mas convenientes y mas adaptables atendidas las circunstancias del criadero.

En aquellas desordenadas escavaciones existen algunos huecos de dimensiones estraordinarias, sin que hasta ahora haya resultado ningun hundimiento de consideracion; por consiguiente, los intérvalos entre unos pilares y otros podian ser allí muy espaciosos; sin embargo de esto, atendiendo á otras consideraciones, limité á solo 4 varas la anchura de los huecos, dando otras 4 varas de espesor á los pilares: la altura de las

31

bóvedas la fijé en 6 varas y el espesor de los suelos en 3; cuyo espesor podria aumentarse á espensas de la altura de la bóveda, cuando se pase por debajo de trabajos viejos.

Las dimensiones de estos huecos son verdaderamente algo mezquinas atendida la consistencia que presenta aquel mineral; asi lo juzgó tambien la direccion general cuando ecsaminó mi memoria, y determinó que se podrian arrancar un pilar sí y otro no de los marcados en mis planos, escepto en las líneas que constituyen la galería fundamental de direccion y su ausiliar. Pero los comisionados de la empresa arrendataria de aquellas minas, no han tenido bastante confianza en su mineral y, no solo no han aumentado la anchura de los huecos, sino que la han reducido á tres varas, dando cinco de espesor á los pilares. Estas modificaciones á mi proyecto hablan sin embargo muy en favor de los ingenieros de aquel establecimiento tanto por parte de la empresa como el que tiene alli el gobierno, porque estan hechas con toda inteligencia y arregladas á arte. 1.° disminuyendo una vara á los huecos y aumentándosela á los pilares, han conservado la suma de 8 varas para hueco y pilar; no se varia la relacion de las galerías marcadas por mí con respecto á los pozos ecsistentes, y en caso de necesidad se puede quitar esa vara de mas á los pilares cuando se quiera, y quedar entonces esacto mi proyecto. 2.° Para cuando se quieran arrancar un pilar sí y otro no, que no debe hacerse hasta que las labores esten muy avanzadas hácia Levante, no estan de mas las cinco varas de espesor en los pilares, porque entonces resultarán 11 varas de anchura para los huecos. 3.° Haciendo los huecos mas pequeños y los pilares mas gruesos, las escavaciones tienen que estenderse mas para arrancar una cantidad determinada de mineral, y por consiguiente, en menos tiempo se reconoce mas estension del criadero; y en menos tiempo tambien se pondrá en comunicacion subterránea y directa el pozo de Sta. Ana con el de Sta. Bárbara, en cuyas inmediaciones se hallan actualmente las labores, y del cual dista aquel 300 varas en horizontal.

¡Qué campo tan inmenso de esplotacion presenta el

criadero de Rio-tinto? Allí tenemos mina para muchísimos años.

## §. 6.º CRIADEROS EN MASAS AISLADAS.

229. Los criaderos en Stockwerk, y todos los que estan constituidos por masas de erupcion, tienen su orígen á una gran profundidad en la corteza del globo, y por consiguiente no es fácil llegar con las labores á su límite inferior; pero, como dijimos en su lugar, hay otras masas que se encuentran aisladas y encerradas en terrenos de sedimento mas ó menos antiguo, y que pueden ser objeto de un laboreo. El criadero de sal de Wieliezka (pag. 70) se presenta bajo esta forma, y tanto por razon de su gran celebridad, como por estar muy bien entendido el sistema de labor allí establecido, lo describiremos como tipo de las labores que deben seguirse en criaderos de de esta especie.

230. Hay abiertos varios pozos verticales que, algunos de ellos llegan hasta el límite inferior del criadero. Cuando estos pozos atraviesan el gran banco arcilloso que encierra los bloques de sal, parten galerías horizontales de reconocimiento en todas direcciones en busca, digámoslo así, de dichos bloques. Supongamos que con estas galerías se haya tropezado en uno de ellos por el punto *a*, Fig. 128; entonces empiezan por abrir una caña agria ó galería ascendente *ab*, de 2 varas de ancho y otro tanto de altura, la cual se continúa hasta encontrar con el esteril ó caja del bloque: desde *b* se vuelve hácia atrás con otra caña agria *bc*, hasta tropezar con el esteril en la parte opuesta; despues otra caña agria hácia *d*, y asi sucesivamente hasta reconocer el estremo ó límite superior del bloque de sal. Entónces empiezan á arrancar de hecho todo el mineral con labor descendente, hasta llegar al límite inferior. Por lo general la roca arcillosa que sirve de caja á los bloques, es bastante consistente para que se conserve abierto

el hueco que resulta, sin necesidad de fortificacion de ninguna especie; pero si la magnitud del bloque es demasiado considerable, ó bien su caja no tiene bastante consistencia, bien sea en razon de su naturaleza misma ó porque existan ya otros huecos en las inmediaciones, en ese caso, hacen la escavacion á modo de Stockwerk, esto es, con labor de pisos y pilares. De todos modos, siguiendo los principios de minería y atendido el poco valor de la sal, se debe dar al techo de la escavacion una forma abovedada, aun cuando para ello se tenga que desperdiciar ó dejar sin arrancar algo de mineral: y si en alguno de los costados se presenta una desigualdad ó saliente tal como en *v*, dejan sin arrancar aquel trozo de mineral hasta la línea *mn*, pues de lo contrario sería necesario sostener la parte que quedaba en falso: en una palabra, arrancan el mineral de modo que, resulta un hueco de forma lo mas regular posible aun cuando el bloque sea muy irregular.

281. Este buen órden de las labores se halla establecido desde que están dirigidas por ingenieros austríacos del real é imperial cuerpo de minas: tienen dibujado un plano general de la mina que ocupa una mesa de 4 varas en cuadro, es el mayor que he visto en todos mis viages; y ademas tienen trazados una porcion de cortes y perfiles de las labores de modo que, todos los detalles están espresados con la mayor claridad.

Cuando Wieliczka era Polonia, y que aquellas minas estaban en poder de arrendatarios israelitas, que son los que en aquella nacion tienen el monopolio de la industria y de las artes, las labores no iban con tanto órden porque, un arrendatario, y sobre todo un arrendatario israelita, es la mayor desgracia que le puede caber á un criadero. No querian dejar ni un grano de sal sin arrancar, y muchas veces esta ambicion debia resultar en perjuicio de ellos mismos porque, si provenia un hundimiento perdian mucho mas. Entre los desaciertos que noté en las labores antiguas, el que mas llamó mi atencion fué el modo de entivar los puntos que presentaban alguna inseguridad en el techo. Construían un pilar de madera, formado de los pinos mas gruesos que tenian en sus bosques, labrados de

cuadrado y colocándoles horizontalmente en capas unos sobre otros cruzados en ángulo recto, del mismo modo que se depositan en un almacen de madera; la provision de esta no seria probablemente por cuenta del asentista. Yo pregunté al ingeniero que me acompañaba, ¿por qué no aprovechaban aquella madera sustituyendo en su lugar media docena de peones? y me contestó que, si se quitasen aquellos palos de conforme estaban, no se creerían seguros los trabajadores y no querrian entrar en la mina, aun cuando se les moliese á palos al estilo del pais.

282. La labor que emplean para lo material de arrancar la sal, tanto de los bloques como de las capas hendúlosas, es *labor en bandas* ó bien *labor en bancos*, segun que el trabajo se hace en los astiales ó en el piso de la escavacion. En ambos casos el sólido arrancado es un paralelipípedo á modo de cantera, de dos varas de longitud, una de ancho y un pié de grueso; pero con la diferencia que, para la labor en bandas los paralelipípedos se trazan y se arrancan verticalmente en los astiales ó testeros; y para la labor en bancos, horizontalmente en el suelo. El primer franqueo ó trazado lo hacen con la punterola y el martillo, y luego hacen saltar el trozo por medio de cuñas de hierro (51).

Despues de arrancado el paralelipípedo lo cortan en seis pedazos, formando otros tantos cilindros de tres pies de altura y uno de diámetro, pesando cada uno sobre 90 lib., y en esta disposicion es como lo espiden al comercio. La sal menuda que resulta de todos los destrozos y desperdicios, la meten bien apisonada en toneles de madera, que vienen á pesar unas 360 libras.

283. Se emplean constantemente en aquella mina cerca de mil trabajadores, todos de casta polaca, gente indómita y dificil de manejar, y al mismo tiempo envilecida hasta el último estremo; cuando entra un estrangero en aquellos subterráneos, le acosan por todas partes pidiendo propina ó limosna, y se ponen de rodillas, ó por mejor decir, á cuatro pies, y le besan á uno los suyos reconociendo el vasallage. Los mozos y los

muchachos destinados á acompañar y alumbrar al estrangero, van desembarazando el paso dando puntapies y diciendo mil improperios á toda aquella chusma. Pregunté cuanto ganaba un picador, y me dijeron que trabajando á destajo, salian regularmente por medio duro diario; de modo que el pedir limosna aquella gente es verdaderamente una inmoralidad.

Los mil trabajadores producen, como ya hemos dicho, de 7 á 800000 quintales de sal anuales.

### *Labor de cámaras por disolucion.*

284. En el pais del Salzburgo frontera de Austria con Baviera, en la falda norte de los Alpes, se halla un depósito salinoso empotrado, digámoslo así, en una antigua cuenca ó valle de la época secundaria que ha sido rellenada posteriormente. El total del criadero, ó por mejor decir, el fondo de la antigua cuenca que le sirve de base, tiene una inclinacion general hácia el S. O., esto es, hácia Baviera por la parte de Berchtesgaden, junto á cuyo pueblo se hallan establecidas las labores que vamos á describir. Por el N. E. se halla atacado tambien este criadero, empezando las labores cerca de Hallein en terreno austriaco, y por una de las muchas anomalías que se ven en la division del territorio de los estados alemanes, las labores de Berchtesgaden se han introducido debajo del terreno de Hállein; de donde resulta que, en una cierta estension, la superficie pertenece al Austria y se halla bajo la jurisdiccion de su gobierno, y la parte subterránea que corresponde verticalmente á esta misma estension de terreno, pertenece al gobierno de Baviera; de modo que para pasar de Austria á Baviera, no hay mas que bajar un pozo de pocas varas de profundidad. ¿Qué dirán á esto los que pretenden que al propietario del terreno en la superficie deben pertenecer los minerales que se encuentran en su correspondencia vertical?

285. El sistema de laboreo allí establecido es por medio de la disolucion como ya hemos indicado (52), y la mina de Berchtesgaden está abierta en la falda de una montaña en la or-

Digitized by Google

la derecha del arroyo ó torrente del mismo nombre. Las labores llegan á 181 varas de profundidad hasta el nivel del arroyo, debajo del cual no han continuado por no ser necesario, pero la formacion salinosa sigue todavía. Con las escavaciones se han internado 1843 varas en la montaña, constituyendo cuatro pisos ó planes, que al mas inferior llaman el primero; y asi debe llamarse efectivamente, porque todas las actuales labores se hallan encima del socabon ó caño de desagüe, que habrá necesidad de abrir cuando ellas profundicen debajo de la cañada.

Cuando la sal se presenta pura en masa, la arrancan por el método ordinario como cualquiera otro mineral; pero la roca de que allí sacan más partido es el conglomerado arcilloso-salinoso, y lo benefician del modo siguiente.

286. Cada uno de los cuatro pisos, Fig. 129, comunica á la superficie por medio de una galería 1, 2, 3, 4, las cuales se comunican entre sí por los pozos interiores *b*. En las galerías dichas, ó en traviesas que salen de ellas, se establecen las *cámaras de disolucion (Sinkwerk)*, que van ascendiendo sucesivamente, y están representadas en *a*.

287. Una cámara suele tener de 180—200 varas de longitud y de 100 á 140 de latitud, en forma elíptica y con una altura de 2—2½ varas. No se abre completamente toda la cavidad desde un principio, sino que, en el espacio destinado para la cámara, se rompen galerías ó caños de una vara de ancho y 1½ de altura, paralelas entre sí, cruzándose perpendicularmente con otras de iguales dimensiones, y resultando unos pilares, *a*, de 9 varas de espesor en cuadro, como está representado en proyeccion horizontal en Fig. 130, y en seccion vertical en Fig. 131. Estos pilares se socaban ó debilitan un poco por su pié para que el agua los ataque con mas facilidad.

El agua clara, que la toman de la superficie y en caso de necesidad aprovechan la de la mina, la introducen en la cámara por uno de sus estremos, y es conducida por una cañería de hierro colado de 8 pulgadas de diámetro. La salida del agua la disponen en el otro estremo de la cámara, que cierran

Digitized by Google

ó tabican con un espeso muro de arcilla bien apisonada; á través de este muro pasa la cañería ó tubo de hierro, el cual tiene en su parte esterior una llave que se abre cuando el agua está saturada de sal. Esta agua que llaman lejía (*sole*) es conducida por medio de una de las canales de madera hasta las calderas de evaporacion, de las cuales, algunas de ellas se hallan establecidas á mas de 14 leguas distantes de la mina.

Los pilares tardan por lo comun 40 dias en disolverse, y en este tiempo estraen seis veces el agua y vuelven á echar otra nueva. Una vez destruidos los pilares, queda formado lo que verdaderamente se llama el *Sinkwerk* ó la cámara.

288. La cañeria ó tubo principal *ab*, Fig. 132, yace horizontalmente en el suelo de la cámara, y á él están adaptados verticalmente otros tubos *cd* tambien de hierro, que tienen en su estremo superior abiertos unos agujeros, al modo de las regaderas, para que por ellos pase el agua y se introduzca en el tubo principal. Cada uno de estos tubos está resguardado por un cajon cuadrado de madera, hecho de tablas que no unen bien unas con otras, para que por entre las junturas pueda pasar el agua y no la tierra que se desprende del techo de la escavacion. Con este mismo objeto, cada cajon está recubierto con tablas bien unidas en forma de tejado.

El agua vá disolviendo la sal con que está en contacto; la parte arcillosa de la roca se deshace y se precipita al fondo, de donde resulta que el piso de la cámara se va elevando á medida que el agua se va saturando de sal; pero los tubos verticales siempre quedan libres porque los resguardan sus cajas. En realidad bastaba con uno solo de estos tubos, pero se ponen tres ó cuatro por si alguno de ellos se obstruye.

En el estremo posterior A de la cámara se dispone el piso de la roca en escalones, para por ellos bajar á ecsaminar el estado de saturacion de la lejía. Cuando esta se ha cargado con 27 por 100 de sal, abren la llave *e* del tubo de hierro, y sale la lejia á tomar su camino para las calderas. La cámara queda en seco, y entonces hay que desenterrar el tubo de hierro, y desarmar los cajones, para disponerlo todo otra vez so-

Digitized by Google

bre el nuevo piso que se ha formado y en la misma disposicion que se hallaba antes, para introducir nueva agua ; repitiendo la misma operacion hasta que la cámara vá subiendo insensiblemente al piso superior. Las dimensiones de la cámara se aumentan algo en esta ascension, porque la sal disuelta no es reemplazada, y se produce por consiguiente un hueco mayor.

El muro *f* por donde sale el tubo, hay que desbaratarlo y volverlo á hacer cada vez que se desarma la cañería, y es la operacion mas pesada y mas impertinente de todas.

El piso de las cámaras es sólido y firme, como que se vá formando por la sedimentacion de la arcilla y demas sustancias insolubles, pero lo que sorprende á un minero que entra por primera vez en aquellas escavaciones, es ver la consistencia y adhesion de aquella roca arcillosa, en la cual ademas de la sal, estan incrustados cristales de yeso y destrozos de carbon lignites. El cielo de tan espaciosas cámaras está perfectamente horizontal, y no hay necesidad de poner siquiera un palo para sostenerlo.

289. En 1834 habia abiertas en Berchtesgaden 38 cámaras, con las cuales se suministraba la lejía necesaria para la caldera de evaporacion de Berchtesgaden, y ademas enviaban al cabo del año un millon de *eimer*, ó sean 2½ millones de pies cúbicos de lejía á las salinas de Reichenhalt, Trauenstein y Rosenheim; y podian enviar hasta tres millones de eimer, teniendo las 38 cámaras en continua actividad.

El agua que produce la mina, es decir, la que se infiltra dentro de las escavaciones, es una cantidad que varía entre límites muy distantes; llegando á ser en su mácsimo 500000 pies cúb. en 24 horas, cuando en el mínimo es solo 45000 en el mismo tiempo. Para las disoluciones en las cámaras del piso superior, aprovechan el agua de un arroyo que corre por la superficie, y para los otros pisos añaden en caso de necesidad el agua de la mina.

Es verdaderamente sorprendente para un viagero el ver la afabilidad, dulzura y jovialidad de los tiroleses que habitan aquella parte de los Alpes; es cosa de que no puede formarse

idea sino tratándolos en su mismo pais. Los habitantes del distrito de Berchtesgaden participan muchísimo del bello carácter de sus vecinos, y muy particularmente el señor Knorr inspector de aquellas salinas, hombre muy instruido y un verdadero ingeniero de minas.

### §. 7.° *Sobre el modo de conceder las pertenencias.*

---

290. Antes de concluir este capítulo me ha parecido deber dedicar un párrafo á hacer algunas observaciones sobre el modo de demarcar las pertenencias ó concesiones de minas, porque, de poco nos sirve el proyectar un buen sistema de labores si no tenemos un campo de laboreo de la estension suficiente, y de la configuracion necesaria para establecerlo.

El modo de conceder las pertenencias de minas varía mucho; los gobiernos no se han puesto todavía de acuerdo sobre esta parte tan interesante para el fomento de la industria y riqueza mineril. Haremos una ligera reseña del sistema seguido por algunos gobiernos de Europa, y daremos nuestro voto sobre el que nos parece mas ventajoso con respecto á la parte facultativa.

291. En Francia no hay una ley ni regla fija para conceder la facultad de beneficiar un criadero. Cada nueva concesion es el objeto de una ley ú ordenanza particular, y por la cual se imponen al empresario condiciones mas ó menos onerosas, y se le concede mas ó menos estension de terreno á propuesta, ó bajo el plan que presenta el prefecto del departamento, el cual ha oido antes á el alcalde en cuya jurisdiccion se halla el criadero, y á el ingeniero de minas del distrito.

Los ingenieros de minas en Francia hacen grandísimos servicios á las artes y á las ciencias desempeñando cátedras públicas en diferentes establecimientos, dirigiendo fábricas y manufacturas del gobierno, inspeccionando la seguridad en las calderas de las máquinas de vapor, recogiendo datos para la

Digitized by Google

estadística general del pais, y ocupándose en toda clase de co misiones científicas que les encarga el gobierno; pero, com verdaderos ingenieros de minas, producen ellos mu y poca uti lidad. Bajo este punto de vista no son mas que unos meros *asesores científicos*, con quienes consulta el prefecto ó el alcalde cuando cree necesitar de sus luces.

La Francia es una nacion muy rica y muy indus t rica, ro no es una nacion minera, por la sencillísima razon de que no posee grandes criaderos de minerales, únicamente un poco de hierro y un poco de ulla. Por consiguiente, sus leyes sobre minería no deben servir de modelo para un pais esencialmente minero, como puede ser el nuestro.

292. Las concesiones mineras tienen por objeto utilizar los minerales que se hallan encerrados en las entrañas de la tierra, por consiguiente la estension y configuracion de las pertenencias deben estar en relacion con el yacimiento ó modo de estar del criadero. Si se demarcasen v. g. diez mil varas cuadradas de pertenencia para un criadero constituido por una capa horizontal á poca profundidad de la superficie, seria una concesion tristísima y que se estinguiría en muy poco tiempo: pero si estas diez mil varas cuadradas se demarcasen sobre un filon vertical, seria una concesion que podria durar siglos, y los empresarios podrian adelantar capitales para el establecimiento de una labor ordenada.

En Sajonia cuasi todos los criaderos metalíferos se presentan en filones mas ó menos inclinados. La estension ó magnitud de las concesiones no está determinada por la ley; depende en cada caso particular del juicio que, atendidas las circunstancias, hace el consejo superior de minas, compuesto esclusivamente de ingenieros de minas. La configuracion de la pertenencia es prolongada y segun la direccion del filon, contándose por *Maass* ó medidas de á 40 Lachter (*) de longitud; pero estas medidas no bajan ó se prolongan verticalmente á lo interior

(*) Un lachter ó toesa de Sajonia equivale á 7,1519 pies españoles. Véase la tabla al fin de la obra.

del criadero, sino que van siguiendo la inclinacion del filon y se estienden á 3 lachter de distancia por una y otra salbanda, esto es, en el yacente y en el pendiente. La primera medida se llama *fundgrube*, mina de hallazgo ó hallazgo de la mina; es la que sirve de base ó punto de partida para la demarcacion, y en ella suele estar siempre el pozo maestro y la habitacion de los capataces.

La mina de *Altemordgrube* junto á Freiberg por ejemplo, tiene de concesion 63 *maass*, pudiendo ademas beneficiar hasta 15 filones que sean ramificaciones del principal; pero hasta ahora las labores no se estienden mas que 288 lachter al S. y 250 lachter al N. del *fundgrube*, y solo han encontrado una ramificacion que merezca la pena de arancarse su mineral. Las 63 *maass* multiplicadas por 40 lachter hacen una longitud de algo mas de 6000 varas: los 3 lachter de latitud hácia cada salbanda hacen una anchura de 14,3 varas, que multiplicadas por la longitud forman para la pertenencia ó concesion, una estension de mas de 85800 varas cuadradas, sin contar con lo que ocupa el filon.

293. En Sajonia las minas pertenecen á particulares ó accionistas, pero son esclusivamente dirigidas y administradas por el cuerpo de ingenieros del gobierno; los accionistas tienen un representante llamado el *Schichtmeister*, sin cuya firma ó anuencia no es válida ninguna determinacion que se tome sobre el laboreo y administracion de la mina; pero este Schichtmeister lo nombra el consejo superior de minas ó mas bien el director general, y es por lo regular un ascenso de escala para los *Markscheider* ó delineadores de minas. Tambien hay los jurados ó *Geschworner*, que son una especie de tercero en discordia entre los accionistas y el gobierno, y que egercen una gran influencia en las decisiones que se toman para el laboreo de las minas; pero tambien los elige el gobierno y es un ascenso, al mismo tiempo que plaza de descanso, para los capataces mayores ú *Ober-Steiger*.

Las acciones de toda mina son 120 para escotar ó desembolsar, y 124 para cobrar. Las cuatro acciones privilegiadas

son, una para el dueño del terreno en que se halla el *fund-grube*, ademas de haberle pagado daños y perjuicios; una para la iglesia del pueblo; otra para fondos del ayuntamiento; y la cuarta para una especie de caja de ahorros destinada á socorro de viudas de mineros, mineros estropeados en el trabajo, gratificaciones los dias de gran parada, y otros gastos estraordinarias.

294. Por derecho de pertenencia se paga muy poco en Sajonia; pero hay una porcion de clases de descuentos, siendo el mas considerable de todos ellos la rebaja que se hace del peso y del ensaye del mineral al entregarlo en las fundiciones que es un establecimiento por separado, y una empresa particular del gobierno. Por último resultado vienen á pagar las minas lo menos un 30 por 100 de sus productos. Para llevar en cuenta toda aquella multitud de detalles, se hace indispensable una contabilidad muy complicada, y que solo es practicable entre alemanes.

295. En España antiguamente el disfrute y beneficio de un criadero metalífero solo podia verificarse en virtud de una gracia ó concesion especial del soberano, y para lo cual no habia ninguna base ni regla establecida. El benéfico decreto de 4 de julio de 1825, resucitó en España la industria mineril que tanto cultivaron las naciones que en tiempos antiguos dominaron nuestro suelo. Desde dicha fecha todo industrial, nacional ó estrangero, puede dedicarse á beneficiar los minerales útiles que tanto abundan en nuestro territorio, sujetándose á pagar cierto derecho y á llenar ciertas condiciones que, seguramente son las mas suaves y las menos onerosas que haya establecidas en ninguna otra nacion. Los buenos efectos de estas sábias disposiciones se han hecho ya sentir muy ventajosamente, y es de esperar que, cuando los conocimientos del arte de la minería, y sobre todo los de metalurgía, se hayan estendido un poco mas entre nosotros; los productos symmineriles, nada despreciables ya en el dia, constituirán una parte muy esencial de nuestra riqueza.

El citado decreto de 4 de julio de 1825 no salió sin em-

Digitized by Google

bargo con toda la perfeccion que debiera en la parte facultativa; en él se asigna para cada pertenencia una estension de 20000 varas cuadradas, medidas en un paralelogramo rectángulo, cuyos lados sean el uno 100 y el otro 200 varas; y esta superficie baja verticalmente en toda clase de criaderos para limitar las labores de los subterráneos. Cuando la empresa que solicita la concesion está compuesta de tres ó mas individuos, entonces puede tomar cuatro pertenencias; y cuando su objeto es beneficiar un criadero nuevamente descubierto, ó bien restablecer labores antiguas abandonadas, en ese caso, aun cuando sea un empresario solo, puede tomar tres pertenencias juntas, formando una superficie de 60000 varas cuadradas; concesion todavía muy mezquina para un criadero en capas. Por cada pertenencia demarcada tenian que pagar al gobierno un cánon de 1000 reales anuales, y ademas un 5 por 100 del valor de los frutos estraidos.

Para el establecimiento de oficinas de beneficio de minerales, se asignaban pertenencias de 100 varas cuadradas de superficie, en cuya corta estension apenas habia lugar para establecer un mal horno, sin contar con el sitio necesario para almacenes de leña y depósito de minerales. Por esta pequeña pertenencia habia que pagar 500 reales anuales.

296. Bien pronto se reconocieron los malos efectos de estas bases defectuosas; las reclamaciones llovian de todas partes, y se hacia cuasi imposible realizar todos los fondos que adeudaban los establecimientos mineros, sobre todo por lo que respecta á las oficinas de beneficio. En su consecuencia las córtes determinaron disminuir los impuestos, cuya determinacion mandada llevar á efecto por real órden de 20 de julio de 1837, se reduce á lo siguiente. Las oficinas de beneficio no pagarán nada por derecho de pertenencia. Las pertenencias en criaderos metalíferos serán de la misma estension y se concederán bajo las mismas condiciones que anteriormente, escepto que, en lugar de 1000 pagarán solo 200 reales anuales. Para los criaderos de carbon de piedra las pertenencias serán de una estension triple, esto es, compondrán una superficie de 60000

Digitized by Google

varas cuadradas, y por esta triple estension pagarán los mismos 200 reales anuales, que en otra clase de criaderos se paga por una sencilla; pudiendo por lo demas adquirir tres ó cuatro pertenencias triples, en los casos prevenidos por la ley.

Esta modificacion hecha por las cortes es muy ventajosa para los mineros, pero todavía está imperfecta, y por lo tanto será preciso retocarla con el tiempo. En primer lugar, los criaderos de ulla ó carbon de piedra se presentan unas veces en capas horizontales, y otras veces estas capas están inclinadas y aun están verticales; para el primer caso la concesion actual es una cosa regular; para el segundo caso es una concesion estraordinariamente grande, y sin embargo ambos empresarios pagan lo mismo. Por otra parte, se dá una ventaja á los criaderos de ulla, pero no se habla nada de los criaderos metalíferos en capas horizontales, que tambien los presenta la naturaleza, y, mañana ú otro dia que se tropiece con uno de esta clase, habrá que hacer una nueva modificacion á la ley. La que me parece mejor entendida de cuantas tengo conocimiento es la que rige en Silesia desde 1831.

297. En Silesia, para la demarcacion y pago de pertenencias, se hace la distincion de criaderos en capas y criaderos en filones: contándose en la primera clase sean capas ó sean filones, siempre que su inclinacion no pase de 45.°; y si la inclinacion es mayor, se considera como filon aun cuando sea una capa.

Cuando la inclinacion es sobre poco mas ó menos de 45°, queda á eleccion del empresario el considerarlo como capa ó como filon.

Para criaderos en capas se marca primero el *Fundgrube* con una superficie cuadrada de 28 lachter (67,8 varas) de lado; luego se pueden tomar por una concesion hasta 1200 Maass ó medidas, cada una de 14 lachter en cuadro, componiendo por consiguiente en total, una superficie de 235984 lachter cuadrados, que hacen 1.384439 varas cuadradas; cuando en España en el dia, la mayor concesion que se puede dar en un criadero de ulla, es solo de 240000 varas cuadradas.

El límite de estas concesiones se cuenta bajando verticalmente á los subterráneos, pero la colocacion de las diferentes

Digitized by Google

medidas no tiene regla ni direccion establecida; el empresario señala el sitio en que se han de marcar, donde mejor le parece y donde cree encontrar mejor mineral, con la única condicion que, han de estar todas ellas en contacto unas con otras por uno de sus lados; y de esta manera no tiene que pagar ningun derecho por terreno que no sea productivo. Aquellas medidas de corta estension las van acomodando segun la configuracion del criadero, lo cual no puede hacerse siempre cuando la medida es grande como sucede entre nosotros.

Para los criaderos en filones, el Fundgrube es una longitud de 42 lachter en la direccion del filon, y despues se pueden tomar hasta 12 medidas, cada una de 28 lachter, no precisamente en línea recta, sino siguiendo las ondulaciones que pueda hacer el filon en su curso. En cuanto á la anchura de la pertenencia, esto es, perpendicularmente á la direccion del filon, el empresario puede tomar hasta 500 lachter en horizontal, que hacen en profundidad por lo menos otros 500 lachter, puesto que la menor inclinacion para considerarse como filon, ha de ser de 45.° Resulta por consiguiente que, en un criadero en filon, la pertenencia puede llegar á componer una superficie de 189000 lachter cuad., ó sean 1.108800 varas cuad.

298. Como derecho de pertenencia no se paga nada al gobierno en Silesia, pero las minas tienen ciertas cargas para objetos de utilidad pública, y que no pasan de 200 rs. por pertenencia. Lo que es de los frutos estraidos tienen que entregar al real erario un 10 por 100 de su valor, y además, al ingeniero que demarca las pertenencias, 20 rs. por cada una medida que, no solo señala en el terreno, sino que la dibuja en el plano del gobierno y en el del dueño de la mina.

Esta ley para la demarcacion de pertenencias en Silesia está fundada en principios geognósticos, y por esta razon es la mas justa, la mas esacta y la que debe adoptarse en todos los paises mineros, salvo alguna modificacion relativa á las circunstancias particulares de toda localidad, particularmente por lo que respecta á la cantidad y modo como se ha de percibir la contribucion.

Digitized by Google

# SEGUNDA PARTE.

## *HACER TRANSITABLES Y HABITABLES LAS ESCAVACIONES.*

299. Todo lo dicho en la primera parte, ha tenido por objeto enseñar el modo de hacer escavaciones, y las precauciones que hay que tomar para que se conserven abiertas todo el tiempo que necesitemos hacer uso de ellas, es decir, que se conserven abiertas todo el tiempo que tengamos necesidad de transitar por ellas, tanto para ir á continuar nuestras labores de arranque, como para estraer á la superficie los minerales arrancados.

Pero no basta el que las escavaciones esten bien firmes y seguras; á poco que nos internemos subterráneamente tropezamos con mil inconvenientes que, nos impiden seguir adelante. Por de contado lo primero que sucede es que, faltándonos la luz del dia no vemos ni sabemos donde nos hallamos, y no podemos por consiguiente trabajar. Faltando una comunicacion fácil y espedita con la superficie, el aire de los subterràneos se corrompe y perjudica á la economía animal, á lo cual contribuyen tambien muchas veces los gases mefíticos que desprenden ciertos minerales. Otras veces tropezamos con surtideros subterráneos de agua, que inundan todas las labores. Para vencer todas estas contrariedades, se hace preciso establecer ciertas obras, ó tomar ciertas precauciones, cuyo objeto clasificaremos del modo siguiente:

1.ª Camino para transitar por las escavaciones.

2.ª Desagüe.

3.ª Ventilacion.

4.ª Iluminacion.

No nos detendremos en hacer estas aplicaciones á las escavaciones á cielo abierto porque, las dos últimas no son necesarias, y las dos primeras son fáciles de egecutar cuando se saben hacer en escavaciones subterráneas.

Digitized by Google

# CAPITULO I.

## *CAMINOS SUBTERRANEOS.*

300. La voz *camino* no tiene en los subterráneos la misma significacion que en la superficie: un camino subterráneo puede estar construido con tablas ó con cuerdas; puede ser el agua, puede ser una escala, un palo, en una palabra, todos los medios de que nos podamos valer para trasladarnos desde un punto á otro dentro de los subterráneos, será para nosotros un camino. La eleccion de cada uno de estos medios depende primero, de la forma ó inclinacion que tiene la escavacion, y segundo de la clase de roca en que la escavacion se halla practicada.

### §. 1.º *Caminos en galerias.*

301. El camino en una galería rara vez tiene solo por objeto el que transite por él la gente; cuasi siempre sirve ademas para verificar el transporte ó acarreo de minerales, y por lo tanto hay que construirlo bien llano, y bastante ancho para que un hombre pueda andar sobre él empujando un carro ó una carretilla.



Digitized by Google

Si la roca del piso de la galería es dura y compacta, bastará igualarla un poco para formar una superficie lisa y unida, y la cuneta que, como hemos dicho (145), debe abrirse en toda galería, contribuirá á conservar seco el camino. Con este mismo objeto convendrá que el piso de la galería sea plano, pero un poco inclinado hácia la cuneta, como se ha adoptado últimamente en algunos reinos de Alemania para los caminos de la superficie; pues si se diese bombeo al camino de las galerías, en ese caso habria necesidad de abrir dos cunetas una á cada lado, y se aumentarian inútilmente los gastos de escavacion, que es contra pincipio.

Cuando las galerías no están abiertas como corresponde y que el piso no está igual, suelen formarse charcos de agua mas ó menos considerables; para salvarlos se colocan unas tablas sueltas en la direccion de la galería, y mas ó menos largas segun sea la magnitud del charco ó del parage enfangado. Este modo de formar piso es contra las reglas del arte, porque mas sencillo es rellenar aquellos huecos; sin embargo, en muchas minas tropieza uno con estas tablillas, y en no pocas es todavía peor, que no hay mas remedio sino meterse en el agua y en el fango hasta la rodilla.

302. Si el piso de la galería es demasiado húmedo y la roca poco consistente, se arma un camino como está representado en Fig. 133, visto de planta. Primero se colocan horizontalmente en el suelo y apoyando contra los astiales, unos atravesados *ab*, *a'b'*, &c. labrados cuando menos á dos caras paralelas, y sobre ellos se aseguran los *fajados* AB, BC, que son unas tablas gruesas de 12—14 pulg. de ancho y 6—8 pies de longitud. El número de los atravesados, es claro que dependerá del grueso de las tablas, pues cuanto mas delgadas sean estas, mas unidos deberán estar aquellos.

303. Los caños de desagüe suelen servir al mismo tiempo de socabon de entrada, y entonces habrá que disponer un camino al lado ó bien encima del agua, como diremos cuando tratemos del desagüe. Prescindiendo de este caso, puede haber necesidad de formar un piso con solo el objeto de establecer

un camino: pero esto ya lo sabemos ejecutar: podrá hacerse con entivacion, armando una encamacion; ó bien con mampostería, construyendo un cañon de bóveda fundamental. Ya hemos dicho (249) como se arman los pisos, esto es, como se disponen los caminos horizontales en la mina de Almaden.

304. El agua del caño del desagüe se suele utilizar en algunas minas para transitar sobre ella por medio de barcos, y en este caso el agua es un verdadero camino subterráneo. De esta clase de navegacion nos ocuparémos cuando tratemos de la estraccíon de minerales.

305. En la mina de sal de Hallein en el Salzburgo, para sacar el dinero ó propina á los curiosos que ván á visitarla, los transportan en lo que llaman *díe Bergwurst* (la longaniza minera), que es una especie de carreton de cuatro ruedas, ó mas bien una gran viga de madera sostenida por dos pares de ruedas, sobre cuya viga se ponen á caballo 6—8 pasageros, siendo empujados y puestos en movimiento por dos robustos mineros que van al trote, sin dejarlo en toda la longitud de la galería, que es nada menos que 1260 toesas.

## §. 2.° *CAMINOS POR POZOS VERTICALES.*

306. Para transitar verticalmente por las escavaciones subterráneas se usan medios muy diversos y muy variados. El mas sencillo y menos industrioso es lo que llaman *escalera de papagayo*, Fig. 134, empleado en la mayor parte de las minas de América. Como se vé, está reducido á un palo grueso y muy largo, pero el estilo de un mayo, asegurado verticalmente en el fondo de la escavacion; dos séries de zoquetes colocados alternativamente opuestos unos á otros, sirven para ir apoyando los pies y agarrarse con las manos. Es menester convenir en que no es este el medio mas cómodo para transitar por los subterráneos, sobre todo al bajar que hay que estar buscando á tientas el zoquete donde se ha de poner el pié.


Digitized by Google

307. Otro método tan sencillo y tan económico como la escalera de papagayo, y con tanto ó mas riesgo del que lo pone en práctica es, bajar y subir por el pozo valiéndose del tiro ó cuerda con que se verifica la estraccion del mineral. Es un método muy usado hasta en minas bien ordenadas, cuando el pozo es esactamente vertical. Se baja y se sube con mucha comodidad y muy descansadamente, sobre todo cuando la máquina de estraccion está movida por el vapor; pero cuando es un torno de mano, no deja de ser arriesgado esto de fiar uno su ecsistencia á la voluntad de dos operarios, que pueden tener buenas ó malas intenciones: sin embargo, en honor de los mineros debe decirse que rara vez, ó cuasi nunca sucede una desgracia por mala voluntad de ellos. Lo que sí hay que tener cuidado siempre es, de asegurarse por sí mismo del buen estado de la cuerda ó maroma antes de suspenderse en ella.

El suspenderse á esta maroma se hace de varios modos: ó bien el estremo de la maroma está provisto de una lazada por la cual se pasa una pierna, ausiliándose ademas con la mano izquierda y reservando la derecha para llevar la luz y precaverse de los encontrones contra las paredes del pozo: ó bien en el estremo de la maroma se sujeta por su medio un palo algo grueso de unos dos pies de longitud, y que se llama el *amigo*, sobre cuyo amigo se sienta el que baja, pasando la maroma por entre sus muslos; para mayor seguridad suele haber un cabo de cuerda en la misma maroma, y que se ata al cuerpo á modo de cincha.

En la mina de Wieliezka el estremo de la maroma está provisto de cuatro lazos, de modo que suben cuatro personas á la vez, agarrándose de las manos para sostenerse mútuamente. No deja de ser este un medio de transitar bastante arriesgado, y que requiere un cierto equilibrio y sobre todo mucha formalidad en las personas que lo verifican, por cuya razon solo es permitido practicarlo á los ingenieros y á los capataces de mina.

El modo mas generalmente usado de suspenderse en la maroma es, meterse dentro del tonel que sirve para la estraccion

Digitized by Google

del mineral, siempre que su configuracion se preste á ello. Si la maroma es cilíndrica y es nueva, hay el desagrado de que al destorcerse hace girar al que vá suspendido, y por consiguiente se tropieza con frecuencia contra la roca; pero si la maroma es plana, entonces es muy agradable hacerse subir por ella, porque se llega á la superficie sin el menor cansancio ni incomodidad. De todos modos y por mas riesgo que haya, los mineros prefieren siempre hacerse subir por máquina á subir la escalera por su pie.

308. En Wieliezka el pozo principal es cuadrado y de unas dimensiones bastante considerables para haber establecido en él una escalera de cinco pies de anchura, con sus tramos y sus descansillos como en las escaleras ordinarias de los edificios civiles; pero este es un lujo y una suntuosidad, que está en oposicion con la economía que debe presidir en todas las labores de minas; asi es que, fuera de Wieliezka no se ven en ninguna parte.

En las pequeñas é imperfectas labores del criadero de ulla de Espiel (pág. 69) usan un modo muy bien entendido para transitar por los pozos. Estos son verticales y de unas tres varas de diámetro: cuando los escavan van dejando en sus paredes un saliente que viene á formar una rampa de media vara de anchura, y que baja en espiral hasta el fondo del pozo. El tiro ó maroma con que se hace la estraccion pasa por una polea, y viene á estar colocado en el eje del cilindro que constituye el pozo, y á él se agarran para mayor seguridad los que transitan por la rampa.

309. El modo mas general y mas minero, digámoslo asi, de transitar por los pozos es, por medio de escalas. Un pozo esclusivamente de bajada basta que tenga de 3—4 pies de largo, y otro tanto sobre poco mas ó menos de ancho; pero como por lo general el pozo de bajada sirve al mismo tiempo para la estraccion, lo que se hace es, cortar una porcion de la cavidad de este por medio de un muro, ó simplemente un encadenado; de modo que queda separada la escavacion necesaria para la bajada, sin que los mineros esten espuestos á los accidentes que pueden acaecer en la estraccion.

Digitized by Google

Las escalas son generalmente de madera y de la forma representada en Fig. 135; dos *largueros* AB, y un cierto número de *peldaños ac*, algo mas gruesos en su parte media, que es donde mas sufren del roce de los pies.

310. En Freiberg han ensayado á hacer las escalas de hierro colado y, en razon á su primer coste, debian durar por lo menos cien años, para que fuesen mas económicas que las de madera que allí se usan. Yo he bajado por ellas á los diez años de colocadas, y las huellas hechas por los pies de los mineros habian ya gastado la mitad del grueso de los peldaños; por consiguiente no han adoptado su uso. En algunas minas de Inglaterra parece que no usan de otras; pero alli puedon tener ventaja en razon á la gran abundancia de hierro que, en algunos puntos, es mas barato que la madera.

Las escalas de hierro son bastante incómodas para transitar por ellas por dos razones; 1.ª porque, como todo metal es buen conductor del calórico, en el invierno se ponen muy frias y se recibe una sensacion desagradable al agarrarse á ellas para transitar. 2.ª como el hierro es muy poco elástico comparativamente á la madera, resulta que, las plantas de los pies se molestan mucho.

311. La longitud de las escalas puede ser la que se quiera; pero, tanto por la regularidad y uniformidad que se debe tener presente en todas las labores, como por la facilidad y economía en la construcion de dichas escalas, se deben hacer todas ellas de unas mismas dimensiones.

En las minas de Alemania se ha adoptado para este objeto el sistema duodecimal: una escala tiene un pié de ancho y doce de longitud; los peldaños son once, y la distancia de uno á otro es por consiguiente de un pie. La distancia de un piso á otro de la mina es (127.) de 140 pies, por consiguiente, para su comunicacion hay que establecer doce escalas, que componen una longitud de 144 pies, resultando 4 pies de mas por la inclinacion que se dá á las escalas, es decir, que no se ponen verticales. La longitud de las escalas constituye una unidad de medida para la profundidad, y que se encuentra

Digitized by Google

muy citada en las ordenanzas y escritos antiguos, y de la cual se sirven todavía en algunas partes. El *Fahrt*, que es como si dijéramos un *tranco*, se compone de 12 *Elles* ó codos ó sean 24 pies, y se divide en dos escalas ó *Leiter*, cada una de 12 pies.

312. Para cada fahrt arman en Alemania un *descansillo* de madera *abcd*, Fig. 136, con su *boquete* de bajada *ae*, *b'e'*, *a''e''*, &c. en cada descansillo; pero estos boquetes están colocados de modo que no se corresponden en vertical dos de ellos seguidamente, para que, en caso de una caida no vaya el hombre á parar al fondo del pozo; con esta disposicion, el golpe nunca puede pasar de 24 pies de altura. Para mayor seguridad se suele poner una puerta en cada boquete, cuyas puertas sirven principalmente para dirigir la ventilacion, dejándolas abiertas ó cerradas segun convenga.

Para la union de las dos escalas de cada tramo se coloca un fuerte estemple horizontal AB, al cual se sujetan por medio de escarpias de hierro, y el estemple sirve de peldaño en dicha union.

Cuando la escala no sobresale fuera del descansillo, hay que colocar una ó dos *lañas* ó *fiadores C*, que son unas grapas de hierro clavadas horizontalmente en la pared del pozo sobre que apoya la escala, y sirven de agarradero para tomar la escala cuando se baja, ó dejarla cuando se sube. Si la calidad de la roca es tal, que no se puede clavar en ella la laña, lo que se hace es, abrir un ahugero proporcionado, rellenarlo con un zoquete de madera, y clavar en éste el fiador; y si esto tampoco se puede hacer, entonces hay que colocar un atravesado ó estemple delgado para que sirva de fiador.

En Francia acostumbran hacer las escalas de diez pies de longitud, y la de distancia de un descansillo ú otro es de tres escalas que hacen unos 30 pies. En Almaden han adoptado, como ya hemos dicho (217.), el que la distancia de un piso á otro sea de 30 varas; las escalas de cinco varas de largo; por consiguiente habrá seis para cada piso. Para cada escala arman un descansillo con su correspondiente boquete.



Digitized by Google

313. Cuando la distancia que hay que transitar en vertical es muy corta, y viene á corresponder á una galería estrecha y de mucho tránsito: para no embarazar el paso se suele poner la escala pegada á la pared, suspendida ó colgada por el estremo superior de sus largueros; á esta disposicion se llama *escalera en escapulario*.

En una mina de ulla en Sajonia, que no estaba dirigida por los ingenieros del gobierno, ví un pozo de 140 pies de profundidad, con una escalera en escapulario de otra tanta longitud, sin descansillo ninguno, y sin una separacion ni barandilla en donde apoyarse, á pesar de ser su anchura bastante grande, como que servia de pozo de estraccion. Confieso que no tuve bastante resolucion para bajar por aquella escalera como lo hacian los mineros, y preferí colgarme del tiro acaballado en un amigo que casualmente se encontró por allí.

314. En 1834 han establecido en el Harz un método muy ingenioso y muy descansado para transitar por escavaciones verticales, y que vamos á tratar de hacer comprender.

En la mina llamada *Spiegelthaler Hoffnungs Schacht* hay un pozo de 250 lachter de profundidad, que vienen á ser unas 516 varas. En este pozo habia antiguamente establecida una máquina de bombas, que dejó de ser necesaria con la apertura del gran caño de desagüe, y por lo tanto, aprovecharon los tirantes generales de dichas bombas para dar movimiento á dos ventiladores; pero luego les ocurrió el servirse de estos mismos tirantes para subir y bajar por el pozo, y lo dispusieron del modo siguiente.

En la fig. 137, AB y A′B′ representan un trozo de los tirantes generales, cada uno de los cuales se halla sujeto por su estremo superior á la pierna de un *movimiento de T*, Fig. 138, que está puesta en accion de *vá y ven* por medio de un tirante de prolongacion C D, que vá á parar al árbol ó eje de una rueda hidráulica motriz. El movimiento de vá y ven de los tirantes de prolongacion comunica á los tirantes generales, por medio de las *tés*, un movimiento alternativo de *sube y baja*, cuya amplitud viene á ser de una vara; de modo que, en cada

oscilacion siempre hay un tirante que sube, y otro que baja. Pues bien; cuando un minero quiera subir por el pozo, no tendrá mas que hacer que agarrarse al tirante que sube en cada oscilacion, trasladándose del uno al otro en el momento que aquel en que él está, vá á verificar su movimiento descendente. Para bajar por el pozo, por la inversa, se agarrará siempre al tirante descendente, abandonándolo en el momento que vá á verificar su movimiento ascendente.

Para que el minero pueda sostenerse en los tirantes, hay en ellos unas tablitas *b* sujetas horizontalmente y á una vara de distancia unas de otras, que es la amplitud de cada oscilacion, cuyas tablitas sirven para poner el pié; entre medio de estas tablas hay otras tantas lañas *a*, para agarrarse con la mano, y basta una de estas y un pié para sostenerse perfectamente. Como que al fin de cada oscilacion, las tablas y las lañas de ambos tirantes vienen á corresponderse en horizontal unas con otras, no hay mas que alargar el pié y mano libres, y se tropieza naturalmente con los agarraderos del otro tirante. Sin embargo, antes de adquirir la práctica necesaria, se está uno algunas veces bailando un gran rato en el mismo tirante, sin adelantar terreno por no decidirse á soltarlo y coger el otro. A los chicos menores de 14 años les está prohibido transitar de este modo; ¡pero quién hace guardar órden á chiquillos, y mucho menos á chiquillos mineros! cuando mas descuidado está el capataz, saca el tirante media docena de muchachos de un golpe.

Para evitar toda ocasion de riesgo hay armados sus descansillos á distancias proporcionadas, y con sus boquetes que no se corresponden verticalmente, sino que estan alternativamente uno á un lado y otro del otro del tirante, de modo que, al llegar á cada descansillo tiene el minero que abandonar los tirantes para tomar los agarraderos por el costado opuesto.

315. Para transitar por las escalas de pozos verticales con la menor fatiga posible, es preciso no subirlas muy de priesa; es preciso sacar en cada movimiento el pié derecho con la mano izquierda, y el pié izquierdo con la mano derecha; no soltar

la mano hasta tener asegurado el pié, y sobre todo hacer los movimientos á compás. No teniendo presentes estas precauciones, un pozo vertical de 500–600 varas destruye bien pronto á los hombres que transitan por ellos.

Cuando transitan por un pozo varios individuos á la vez, la persona de mas categoría ó la persona á quien se quiere obsequiar, como por ejemplo un forastero, debe bajar el último y subir el primero, es decir, que siempre debe hallarse el mas elevado de todos los de la cuadrilla porque allí está menos espuesto á un accidente, y no le cae encima el aceite de los candiles de sus acompañantes.

Para subir un pozo de 2000 pies de profundidad, un minero práctico, fuerte y robusto emplea cuando menos media hora de tiempo; una persona que no tenga este hábito no lo sube en hora y media, y cuanto mas apriesa quiere hacerlo, peor; porque le falta el resuello, y tiene que pararse á cada instante para volver á tomar aliento; ó bien le quedan los miembros tan estropeados que no se puede mover en ocho dias, cuando no le cueste una enfermedad de peores consecuencias. Los mineros suelen embromar á los forasteros animándolos y prodigándoles elogios para que suban apriesa, pero no hay que hacerles caso.

## §. 3.° *Caminos por escavaciones inclinadas.*

---

316. En las galerías que sean poco inclinadas, se podrá transitar sobre la roca misma sin necesidad de construir un camino particular, todo lo mas, habrá que poner una cuerda ó unos listones de madera, para formar una especie de barandilla en que ir apoyando una mano y sostenerse mejor.

A primera vista parece que en todo pozo ó galería de cierta inclinacion, debia adoptarse la construccion de escaleras ordinarias como en los edificios civiles; pero esta clase de escaleras tienen varios inconvenientes en las escavaciones subterráneas. 1.° Para andar por escaleras ordinarias el hombre vá derecho,

Digitized by Google

y por consiguiente la escavacion necesita tener, cuando menos dos varas de altura; sobre las escalas vá el hombre agachado apoyándose con pies y manos sobre los peldaños, y con cuatro pies que tenga de altura la escavacion, es mas que suficiente; estos dos pies menos de altura en una escavacion, pueden ser algunas veces de mucha trascendencia para la economía de las labores. 2.° La humedad constante que suele haber en todas las minas y el continuo tránsito de la gente, gastan la piedra por dura que sea, y si ella no es muy dura, los escalones desaparecen bien pronto. 3.° Si se pone un resguardo de madera para cada escalon, entonces sale mas caro que colocar escalas. Por consiguiente, la construccion de gradas ó escalones para bajar á una mina, solo puede tener aplicacion en casos muy particulares y para profundidades de poca consideracion, porque al fin es una obra de lujo, y por lo tanto no admisible en el laboreo de minas.

317. En la mina de Berchtesgaden hay algunas galerías inclinadas cuyo suelo está guarnecido con una rampa formada por dos líneas de maderos, y sobre los cuales se baja sentado arrastrando; pero esto no pasa de ser uno de los muchos juguetes que ya hemos dicho hay en aquella mina y en la de Wieliezka, porque estas rampas no evitan el que haya ademas una escalera para subir, lo cual seria muy dificil verificar por el plano inclinado de una rampa.

318. Los pozos inclinados pueden tambien transitarse metiéndose el minero en el tonel ó carreton que sirve para la estraccion del mineral, pero este medio no es el mas cómodo ni el menos espuesto á recibir averías.

La mina de *Rathhausberg*, distrito minero de *Boeckstein* en los Alpes del Salzburgo, está tan elevada y las sendas que conducen á ella son tan difíciles que, para subir desde el valle son necesarias dos horas de una marcha incómoda y penosa. Los ingenieros y capataces se aprovechan de la máquina establecida para subir los materiales de construccion y las vituallas para la gente.

Esta máquina se reduce á un gran carreton con cuatro rue-

das verticales y otras cuatro horizontanles, por medio de las cuales corre y está sujeto sobre un plano inclinado formado por dos fuertes barandas de madera, que tienen de longitud 800 klafter, é sean 5440 pies españoles. Este carreton es puesto en movimiento por una sola maroma ó cable de la longitud dicha, y que se vá arrollando en el árbol de una rueda hidráulica que tiene 50 pies de diámetro, puesta en movimiento por el choque de una gran masa de agua, que procede de las nieves perpétuas que cubren los picos de todas aquellas montañas. Solo pueden subir cómodamente tres personas á un tiempo, dos sentadas ó mas bien recostadas sobre el carreton, y una en pié en la delantera sosteniéndose en un palo dispuesto al efecto. Se tarda 35 minutos en ser subido; en algunos trozos las barandas tienen hasta 80.° de inclinacion. El carreton no tiene un cliquet, palanca ni cosa que lo valga para ser contenido en caso de rotura de la maroma, ó de algun accidente en la máquina; de modo que, una persona algo aprensiva, ó que sea propensa á marearse, pasa unas angustias mortíferas durante la ascension. Cuando alguna vez se ha roto la maroma, dicen que no han llegado al valle ni vestigios de lo que iba en el carreton.

La rueda hidráulica se halla 2161 pies franceses, contados en vertical, sobre el valle ó cañada desde donde se empieza á subir, y 5973 pies sobre el nivel del mar. La inclinacion media de las barandas viene á ser de 27½ grados.

319. En los pozos de poca inclinacion no hay necesidad de poner descansillos; las escalas se ponen todas unas à continuacion de otras, apoyándolas en fuertes estemples, como hemos dicho en el número 312.

Es muy incómodo transitar sobre escalas por galerías de poca inclinacion porque, los músculos de las piernas hacen su esfuerzo en un sentido diferente al que estan egercitados, y tienen que resentirse precisamente. Pero por todas estas incomodidades pasa con gusto el que no está muy acostumbrado á minas, porque se le figura que hay menos riesgo en una escavacion inclinada que en una vertical. El buen minero prefiere siempre transitar por pozos verticales, porque es el camino mas

Digitized by Google

corto para subir y para bajar; y si es por medio de máquina, mucho mejor.

## § 4.° *Trage que deben usar los mineros para transitar por los subterraneos y distribucion de las horas de trabajo.*

520. A primera vista parece indiferente el trage ó clase de vestido que hayan de usar los mineros para transitar por los subterráneos; pero reflecsionando un poco se vé que, el modo como vayan vestidos influye mucho en su salud y en la cantidad de trabajo que pueden desplegar; ambas cosas del mayor interés para la economía de la empresa. En primer lugar un minero, como todo operario, debe ir vestido de modo que, sus movimientos en el trabajo esten lo menos embarazados posible; por consiguiente nada de ligas ni de ataduras en las piernas, ni tampoco tirantes para sostener los calzones. Por otra parte, como dentro de los subterráneos nunca hace frio, mas bien algunas veces la temperatura es demasiado elevada, resulta que si estan vestidos de paño grueso, no podrán desplegar todo el trabajo de que son susceptibles, porque se sofocan al momento. La mácsima vulgar española de que, lo que preserva del calor preserva tambien del frio, es una simpleza. Lo que se vé en las minas es que, cuando un operario tiene que hacer en ellas un trabajo esforzado, se va poco á poco despojando de sus vestidos hasta quedarse materialmente en cueros, ó poco menos. Cuando se vé un minero vestido de paño pardo de pies á cabeza, y que trabaja sin sudar, se puede desde luego asegurar que no gana ni está en posibilidad de ganar el jornal que se le paga.

Pero de trabajar desnudo, aunque no sea mas que de medio cuerpo, pueden resultar graves inconvenientes: porque, con la agitacion del trabajo, la piel se halla dispuesta á recibir la impresion de todos los gases y miasmas perjudiciales que suelen desprenderse en algunos subterráneos; y de todos modos, el

Digitized by Google

trabajar desnudo es poco aseado, y el poco aseo es siempre perjudicial á la salud. Estoy firmemente persuadido de que, la no regularidad de un trage ó vestido de trabajo en alguna mina de España, contribuye en gran parte á los malos efectos que allí se observan en la salubridad de los mineros.

Lo que necesita mas resguardo es la cabeza, porque es la parte del cuerpo mas espuesta á recibir golpes; asi es que cuando se transita por una escavacion no conocida, todos propenden á ir siempre agachados por miedo de tropezar en el techo, hácia cuya parte dirigen de continuo sus miradas de soslayo, resultando una postura ó aptitud, que no puede menos de escitar la risa del práctico que sabe que allí no hay peligro de tropezar.

321 En toda Alemania usan los mineros un mismo trage, y que es el mas apropósito para satisfacer todas las condiciones dichas. Se reduce á una especie de blusa corta, ó sea una chaqueta corta y muy ancha de lienzo negro no muy grueso, la cual se ajusta á la cintura por medio de una correa, que sirve al mismo tiempo para llevar en ella los martillos, la linterna y demas utensilios necesarios. Los pantalones son de la misma ela, sin tirantes y sujetos sobre las caderas. Para resguardar el asiento de los pantalones, llevan un cuero en la parte posterior, cuyo cuero va sujeto á la cintura por medio de una correa, que es la misma que ajusta á la blusa.

En la cabeza llevan un gorro de fieltro de unas ocho pulgadas de alto, cilíndrico y sin ala; esta última circunstancia no la encuentro muy ventajosa, ni comprendo el fundamento de ella, pero una ala muy grande en el sombrero de mina tampoco seria cómodo, porque embarazaría para transitar por las escalas, y tambien estorva mucho al ingeniero en sus operaciones con la brújula. El calzado que usan dentro de las minas es siempre botas.

322 Junto á la boca del pozo ó socabon que sirve de entrada á la mina hay siempre un edificio mas ó menos espacioso, para almacen provisional de herramientas y demas utensilios. En Alemania en este mismo edificio está la casa-habitacion del

capataz principal de la mina, cosa que trae muchas ventajas para la economía y buen órden en la direccion de los trabajos y que por consiguiente debia adoptarse en todas partes.

En dicho edificio hay una pieza destinada para cambiar de ropa los que entran y salen de la mina, lavarse las manos y la cara los que salen, descansar de la fatiga de haber subido las escalas, y disponerse, en tiempo de invierno, á recibir la impresion del frio de la superficie. En el Harz todos los mineros mudan de traje al tiempo de entrar en la mina, de modo que, no se vé transitar por la superficie á ningun minero con vestido sucio ni manchado. En Sajonia los mineros vienen ya vestidos *de mina* desde sus casas, y lo mismo sucede en España, pero con la diferencia que nuestros vestidos de mina se reducen á ponerse los harapos mas sucios, mas viejos y mas rotos que cada uno posée, lo cual presenta una vista muy poco agradable, y dá una idea miserable del arte del laboreo de minas.

823. Insensiblemente nos vemos conducidos á decir algo sobre la distribucion de las horas de trabajo en los subterráneos; y efectivamente se debe hablar de ello en este capítulo, puesto que tiene por objeto el modo de transitar por las escavaciones.

Dentro de las minas siempre es de noche; por consiguiente todas las 24 horas del dia son buenas para trabajar, y así es que, cuasi todas las faenas que no se comunican inmediatamente con la superficie, marchan de continuo y sin interrupcion, unas veces por necesidad, y otras por conveniencia y por economía.

824. Para que los trabajos continúen sin interrupcion, es indispensable relevar la gente de tiempo en tiempo; este relevo es lo que se llama una *entrada*.

En Alemania lo general es hacer tres entradas en las 24 horas; una á las cuatro de la mañana, otra á medio dia, y otra á las ocho. La tercera entrada es la menos numerosa porque durante ella no hay estraccion de mineral ni introduccion de materiales.



Digitized by Google

Los mineros son allí llamados por el sonido de una campana una hora antes de la señalada para la entrada; se pasa lista y se designa á cada uno el sitio y clase de labor en que se ha de ocupar, y una vez arreglado todo, entonan juntos un salmo de la biblia (*) para encomendarse á Dios, y pedirle les libre de desgracias. Mientras estas disposiciones ya estan fuera los salientes, y los entrantes bajan á sus puntos con el mayor órden y silencio.

En Sajonia, como hay tanta abundancia de brazos, pues que es uno de los paises mas poblados de Europa, no permiten mas que una entrada al dia á cada minero; solo algun individuo muy distinguido por su buen comportamiento recibe autorizacion del consejo para hacer una entrada sí y otra no.

En las minas de ulla de Alemania no se hace mas que una entrada al dia, desde las 6 de la mañana hasta las 6 de la tarde, y en este intérvalo se concede media hora para almorzar y una para comer.

En Almaden hacen cuatro entradas de á 6 horas, empezando desde las seis de la mañana, pero en las dos primeras entradas es donde vá mas gente; por lo demas el mismo órden que en Alemania escepto en lo de rezar, que cada uno se encomienda á Dios en particular. Antiguamente entonaban la letanía y algunos padre nuestros al tiempo de entrar por el socabon.

En Rio-tinto se puede decir que no hay hora fija para las entradas, porque allí todos los trabajos son á destajo; pero regularmente á las cuatro de la mañana ya empieza á entrar gente, y para las dos de la tarde ya no hay un alma dentro de la mina, hasta el otro dia.

En todas partes se acostumbra á dar á destajo ó sea á pública subasta, todas las labores, siempre que de ello no resulte perjuicio á la seguridad de las escavaciones; y estas subastas se hacen segun la costumbre de cada pais, pero los destajeros tienen que hacer sus entradas á las horas establecidas, y no

---

(*) Todos los mineros alemanes son protestantes, esceptuando los súbditos del gobierno austriaco. Martin Lutero era hijo de un minero.

Digitized by Google

por eso dejan de estar bajo la vigilancia de los capataces y sobrestantes.

325. Asi como hay año escolástico y año cómico, tambien los mineros tienen su modo particular de contar el tiempo sin atenerse esactamente al calendario. En muchas clases de fábricas cuya marcha depende esencialmente de una fundicion, y sobre todo en paises cálidos, los hornos suelen estar apagados en la estacion de verano; y todo el tiempo que estan los hornos en actividad se llama una *campaña*. Si las labores de una mina estan en dependencia inmediata con la marcha de estos hornos en ese caso, el año minero empieza á contarse cuando ellos se encienden; pero de lo contrario, el año minero no tiene regla, y varía en cada pais.

En Alemania por egemplo, el año minero se divide en cuatro *cuartales* llamados de *reminiscere*, de *trinitatis*, de *crucis* y de *Lucia*, correspondiendo en cierto modo á estas festividades segun el ritual eclesiástico. El cuartal reminiscere empieza el primer domingo del año comun, y cada cuartal se compone de trece semanas justas, de modo que en cada año vá sobrando un dia, y si es bisiesto dos dias, y por consiguiente al cabo de un cierto número de años sobra una semana, que se agrega al último cuartal. Bajo este pié se arreglan y ordenan las labores, la contabilidad y los pagos en las minas.

En Almaden el año minero empieza á contarse en el mes de junio con semana justa, es decir, el primer domingo del mes. Los meses mineros han de coincidir y llevar el mismo nombre que los del calendario, pero han de estar compuestos de semanas cabales, y asi es que unos tienen cuatro y otros cinco semanas, y el mes de mayo, que es el último mes, tiene que ser algunas veces de seis semanas.

No sé yo en qué pueda estar fundada esta costumbre tanto de Alemania como de Almaden; pero sea la que quiera la razon, yo no veo dificultad en que la contabilidad de las minas se llevase por quincenas esto es, el dia primero y el dia 16 de cada mes, como se suele practicar en el comercio y en la industria fabril. Lo mismo se pueden hacer los pagos en sábado

que en cualquier otro dia de la semana, y aun hay vontaja en hacerlos en medio de semana, porque, de cobrar los operarios en sábado, de seguro se gastan el domingo la mayor parte de su jornal en vicios y en francachelas, lo cual no es tan probable que lo hagan cobrando en otro dia cualquiera: y, no solo los gobiernos, sino tambien los capitalistas estan moralmente obligados á influir directa é indirectamente en el bien estar de la clase operaria, la cual, en todos los paises del mundo es por un mismo estilo, y desconoce sus verdaderos intereses.

En las Alpujarras las minas no estan habitadas; los mineros suben á la sierra en las épocas de trabajo, y vuelven despues á sus casas para mudarse de camisa y visitar á sus familias. Cada temporada de trabajo se llama una *varada*, y está terminada por una pascua ú otra festividad solemne. En el dia, por acuerdo de los mismos empresarios de minas, no hay varadas durante el invierno, y esto es con el objeto de impedir una escesiva produccion de plomo, y sostener un poco mejor su precio en venta.

Digitized by Google

# CAPTIULO II.

## *DEL DESAGÜE DE LAS ESCAVACIONES.*

### §. 1.° *Consideraciones generales.*

326. Lo que mas embaraza en una mina de profundidad algo considerable, es el agua que, infiltrándose á través de las rocas, inunda las escavaciones é inutiliza por consiguiente los trabajos. El desembarazarse de esta agua consume una gran parte de los productos del criadero, y por lo tanto, uno de los principales estudios del ingeniero debe ser, buscar medios de verificar el desagüe lo mas económicamente posible. En algunas minas de Europa se ven obras grandiosas y magníficas verificadas con este objeto; se ven diversidad de máquinas de todas clases aplicadas á la estraccion del agua, en una palabra, es la parte del laboreo de minas que mas ocasiones de brillar ha dado á los ingenios de los sábios; baste decir que el desagüe de las minas es el que ha dado ocasion al portentoso descubrimiento de las máquinas de vapor, ó cuando menos ha dado ocasion á que llegasen á su primer punto de perfeccion y de verdadera aplicacion. Antes de Newcomen y del célebre Watt, las máquinas de vapor no eran nada, ni servian para nada.

327. Un criadero como el de las Alpujarras, en cuyas escavaciones no se encuentra una gota de agua, es un caso único en su especie; es un privilegio inestimable que nos ha conce-

Digitized by Google

dido la naturaleza, y sin cuya circunstancia nuestros plomos no hubieran podido dar la ley al mundo comercial, como lo han hecho. Esta ventaja es debida á unos grandes agrietamientos que presenta aquel terreno en todos sentidos y en todas direcciones, á los cuales llaman *soplados*, y ellos sirven de desagüe, y al mismo tiempo proporcionan aire respirable á los subterráneos con quienes comunican.

328. La cantidad de agua que produce una mina depende de la calidad de las rocas que componen la caja del criadero, y de ser el pais ó sus inmediaciones, mas ó menos lluvioso. Las rocas en masa, y las arcillosas aun cuando sean estratificadas, no dan paso al agua, son impermeables; pero por la misma razon, cuando se las atraviesa se suelen encontrar grandes depósitos de agua retenida. Las rocas estratificadas en general, pero particularmente las arenosas y las formadas por tierras sueltas, permiten un libre curso á las aguas.

329. Para espresar la cantidad de agua que hace una mina, se dice, tantos pies cúbicos de agua por minuto. Las minas del distrito de Freiberg hacen 10, 20 y hasta 40 pies cúb. de agua por minuto. La caja del criadero de Neuhoffnungs Gottes es un gneis alternando con pizarra micacea, ambas rocas poco compactas y sus estratos fuertemente inclinados, por cuya razon el agua se infiltra muy facilmente á través de ellos; de modo que á los tres ó cuatro dias de haber empezado á llover en la superficie, se aumentan las aguas de la mina; y por la inversa, tres ó cuatro dias despues de haber cesado de llover disminuyen las aguas. En tiempo seco hace aquella mina 28 pies cúb. de agua, y en tiempo lluvioso ascienden hasta 44.

El agua que hace la mina de Almaden, á pesar de sus 300 varas de profundidad, no llega á 2 pies cúb. por minuto, asi es que la máquina de desagüe no acciona mas que durante unas 18 horas cada quince dias. En Sajonia y en el Harz las bombas no paran nunca ni de dia ni de noche.

330. Los diferentes modos de verificar el desagüe de las escavaciones, se pueden considerar divididos en dos clases, *desagüe natural, y desagüe artificial.* El primero es aquel en que

por medio de zanjas ó de socabones, corre el agua en virtud de su gravedad y de su movilidad, y buscando los puntos mas bajos vá á salir á la superficie. Desagüe artificial será cuando hay que elevar el agua hasta cierta altura por medio de máquinas, y despues es arrojada sobre el terreno para que siga su curso natural.

## §. 2.º *Desague natural.*

231. En las escavaciones á cielo abierto ó no hay necesidad de establecer un desagüe, ó si se establece un desagüe ha de ser artificial, porque ellas consisten en un grande hoyo que seria muy costoso poner en comunicacion con un punto mas bajo por medio de un socabon.

232. En las escavaciones subterráneas se verifica el desagüe por medio de *caños de desagüe*, que deben abrirse á la mayor profundidad posible como hemos dicho (213, y 214.) Por lo general suele aprovecharse el socabon de entrada, si es que lo hay, para verificar el desagüe; pero tambien muchas veces conviene abrir una galería ó caño de desagüe exprofeso, y sin que sirva para otro objeto.

Con el caño de desagüe se hace el gasto de una vez, y se evita el establecimiento de máquinas y los gastos continuos de reparacion y conservacion de ellas, mantenimiento de caballerías, jornales de operarios, y consumo de combustible si la máquina es de vapor. Pero esto no quiere decir que, el verificar el desagüe por medio de un caño sea siempre preferible al establecimiento de una ó mas máquinas: la eleccion de uno de los dos métodos dependerá de una porcion de circunstancias locales, y antes de decidirse por uno ó por otro habrá que hacer ciertas consideraciones análogas á las que hemos hecho en el §. 1.º Cap. II. Parte 1.ª para la fortificacion de los subterráneos.

Digitized by Google

En primer lugar hay que formar el presupuesto, lo mas aprocsimadamente posible, del coste que tendrá la apertura del caño de desagüe; cuyo presupuesto, si el caño ha de tener una cierta longitud, nunca puede ser muy esacto porqué, ¿quién es capaz de adivinar la clase de roca con que se puede tropezar, y la distancia ó longitud de escavacion que ecsigirá fortificacion? Solo en un terreno tan homogéneo y tan constante como el del distrito de Freiberg, se puede hacer este cálculo con probabilidad de acierto.

Luego entra calcular el coste primero de la máquina ó máquinas que serian necesarias para estraer, no solo el agua que produce la mina, sino la que podrá producir cuando se aumenten las escavaciones. Este coste de las máquinas hay que restarlo del presupuestado para la apertura del caño de desagüe, y nos dará por resta una cierta cantidad. Ahora bien, es preciso ver si el rédito al 4 por 100 de esta cantidad, es mayor ó es menor que el gasto anual que ecsigen las máquinas para su marcha ó actuacion, y para su conservacion; en el primer caso son preferibles las máquinas; en el segundo, el caño.

332. Cuando este ha de servir únicamente para desagüe, es decir que, no ha de servir para acarreo ni para tránsito, en ese caso bastará darle 5 pies de altura con 3 de ancho, lo suficiente para que los operarios puedan trabajar dentro de él, cuando sea necesaria alguna reparacion. El hacerlo intransitable, y dejar solo de trecho en trecho algunos espacios anchurosos, como está practicado en las minas que abastecen de agua á Madrid, es una economía muy mal entendida; porque, cuando hay algun atasco que impide correr el agua, cuesta mucho trabajo encontrar el punto donde está la obstruccion, y en las reparaciones se gasta mucho mas dinero que lo que se hubiera necesitado para hacer la labor en regla.

En el piso de la galería ó caño, Fig. 139, se abre una cuneta mas ó menos profunda segun sea la cantidad de agua, que por ella ha de correr: pero esta cuneta no ha de coger todo el ancho del piso; debe dejarse un camino B á uno de los

Digitized by Google

lados para que, en caso de necesidad, los operarios puedan transitar sin tener que meterse en el agua.

En cuanto á la forma que debe darse al caño de desagüe, hay que atenerse á lo dicho para galerías en general en los números 143 y siguientes.

Si el piso del caño es roca suelta y floja, á través de la cual pueda haber infiltraciones, en ese caso deberá revestirse de mampostería, ó bien colocar una canal de madera sostenida sobre unos atravesados convenientemente dispuestos. En general será mas económico la canal de madera porque, como ha de estar constantemente llena de agua, se conservará mucho tiempo sin necesidad de reparacion, y su primer coste es menor que el de la mampostería.

La fortificacion del caño de desagüe en los puntos que ella sea necesaria, claro está que debe ser de mampostería, porque es una escavacion que ha de permanecer abierta un número indefinido de años (58).

834. Como que con el caño de desagüe se debe llegar á las labores lo mas profundo posible, habrá que conservar el nivel de su boca ó entrada lo mas que se pueda, es decir, que no se le dará mas declive que el indispensablemente necesario para que corran por él las aguas. Para esto basta $\frac{1}{500}$ de inclinacion ó lo que es lo mismo, una centésima por cada 5 varas; en algunas partes todavía le dan menos.

835. El caño de desagüe puede al mismo tiempo ser empleado como socabon ó galeria de entrada y de estraccion, en cuyo caso sus dimensiones tendrán que ser mayores. La altura entonces será de 8—10 ó mas pies, y se divide en dos partes; la inferior para el curso del agua, y la superior para el tránsito; esta parte por consiguiente debe tener 6—7 pies de altura, y lo restante para el agua.

Esta separacion ó division de la altura del caño de desagüe se hará formando un piso ó suelo, el cual puede ser de mampostería sostenido por un cañon de bóveda, como en Fig. 140; pero esto seria demasiado lujo. Lo que mas se acostumbra es, armar una camada de puentes *ab* Fig. 141, ó bien



Digitized by Google

de estemples adintelados como en Fig. 142, y sobre ellos una ó dos lineas de fajados ó tablones *e*, puestos á continuacion unos de otros. Si corre mucha cantidad de agua por el caño, de modo que pueda tener malas consecuencias el caer en ella, en ese caso habrá que hacer de todos modos un piso formal con tablas; los puentes ó los estemples tendrán que ser mas gruesos, ó estar mas espesos. Para poder registrar la parte inferior por donde corre el agua, se abren boquetes de trecho en trecho, guarnecidos de sus correspondientes puertas que se abren hácia arriba cuando es necesario.

336. Por las ordenanzas de Sajonia se distinguen tres clases de caños de desagüe 1.a *Caños generales* que son los que tienen su boca en la superficie, y es por donde sale el agua de todas ó la mayor parte de las minas del distrito. 2.a *Caños principales* que desembocan en el general, llevando el agua de una ó mas minas. 3.a *Caños ordinarios* que recogen las aguas de ciertas labores para llevarlas á un caño principal. A los primeros se les dá 2 lachter ó toesas de altura, y 69 pulg. de ancho; á los segundos $\frac{1}{4}$ lachter de alto y 42—63 pulg. de ancho, y á los ordinarios $1\frac{1}{8}$ lachter por 42 pulgadas.

337. En Freiberg no hay todavía un buen caño de desagüe. Como aquellos inmensos criaderos estuvieron beneficiados durante dos ó tres siglos por particulares que, no trataban mas que de sacar las mayores utilidades en el menor tiempo posible, no llevaban las labores con concierto ni en acorde unos con otros. Cada uno desaguaba su mina como mejor podia, y echaba las aguas á la pertenencia del vecino segun convenio y arreglos particulares; resultando, como era consiguiente, una confusion y un laberinto del cual apenas podian salir las aguas. Cuando todas aquellas labores entraron bajo la proteccion y direccion del gobierno, el consejo de minas fué haciendo arreglar poco á poco aquella Babilonia, siquiera para que las aguas pudiesen tener un curso regularizado, aun cuando no marchasen por el camino mas corto.

Este defectuosísimo caño de desagüe, despues de haber dado mil vueltas y revueltas, vá á desembocar en el rio Mulda á

3000 varas de distancia de la ciudad, entre los dos establecimientos de fundiciones. La longitud suya, contando todas las ramificaciones, es de unas 11 millas alemanas ó sean 13 leguas españolas, siendo asi que, la mayor distancia á que se estienden aquellos criaderos, es á poco mas de dos leguas de dicha boca ó salida. En este caño se encuentran, como es de presumir, toda clase de obras y de fortificaciones; unos trozos son estrechos, otros son anchos; unos mas altos, otros mas bajos; allí se ven bóvedas de medio punto, rebajadas, elípticas, capialzadas en fin, bóvedas de toda especie de curvas y de todas magnitudes, y tambien las hay adinteladas.

238. Cuando yo me hallaba en aquel pais se estaba construyendo un nuevo caño de desagüe, llamado *Tiefer Fürsten Stolln*; que tiene su boca á pocas varas de distancia y mas baja que la del antiguo, y ha de llegar hasta debajo de la ciudad de Freiberg, que como he dicho, dista de aquel punto 3000 varas. Con la apertura de este nuevo caño se consiguen dos ventajas 1.ª, que como vá en línea recta y que el antiguo es tan tortuoso, para cuando llegue á la ciudad se habrán ganado muchas varas de profundidad 2.ª El antiguo caño atraviesa á un rico filon metalífero que inunda con sus aguas, y que por lo tanto no se puede beneficiar en el dia; el nuevo caño salvará y dejará en seco este filon, cuyos productos no solo cubrirán los gastos de la obra, sino que darán ademas muchas utilidades.

La apertura del Tiefer Fürsten Stolln se ha emprendido por cinco puntos diferentes à la vez, y como uno de ellos es la boca, resultarán cuatro *encuentros*, que, para que vengan esactos, es necesario que las nivelaciones se hayan hecho con el mayor esmero. La escavacion lleva 2 lachter de altura, y ¾ lachter de anchura.

Los barreneros trabajan á destajo, y son pagados á razon de 48 thaler (692 reales) por cada lachter longitudinal, que viene á salir á poco mas de 34 reales la vara cúbica de escavacion. En dos puntos en que el gneis era algo mas compacte, les pagaban 54 thaler por lachter long. que vienen á ser 38

reales 12 mrs. por vara cúbica. Hay empleados 64 trabajadores inclusos dos capataces.

Esta utilísima obra se empezó en el año 1820, y debe quedar concluida en el prócsimo de 1840. Tal vez parecerá un término demasiado largo, pero es preciso tener presente que, el gneis del terreno de Freiberg es una roca muy dura y muy compacta, y por consiguiente el trabajo cunde muy poco; en el Harz van las escavaciones mucho mas apriesa.

Los últimos 100 lachter desde la boca del caño, estan revestidos de mampostería: la forma de la bóveda es una elipse cuasi completa, y que solo está abierta en la parte inferior, como se demuestra en Fig. 143. Sus dimensiones son las dichas para el caño.

339. La mina de calamina y de galena argentífera llamada *Friedrichsgrube* junto á Tarnowitz en Silesia, y que hemos citado pág. 191 (nota), tiene un caño de desagüe cuya longitud subterránea es de 5133 varas, y despues sigue otras 1050 varas sobre la superficie en forma de cauce, ó lo que los mineros alemanes llaman *Roesche*. Su mayor profundidad ó distancia á la superficie no pasa de 93 varas, pero con él se han ganado 12 varas debajo del antiguo caño, y se han economizado dos bombas de vapor que estaban empleadas en el desagüe, y que han podido destinarse á otros puntos.

Tiene este caño $1\frac{5}{8}$ lachter de altura y $\frac{5}{8}$ lachter de ancho en la parte subterránea. En la mitad de su longitud está revestido de mampostería, construida con piedra caliza introducida de la superficie; la otra mitad está abierto en roca firme. Su conclusion debe haber sido en 1835, y su coste 220000, thaler de Prusia (1.585488 reales vn.), segun me dijo Herr von Carnall, que es uno de los ingenieros de minas mas distinguidos entre los muchos que he tenido ocasion de tratar en el curso de mis viages.

340. En varios puntos de Alemania hay abiertos largos y profundos caños que sirven para el desagüe natural de todas las minas de un distrito, pero el mas notable entre todos ellos es sin duda ninguna el llamado *Tiefer Georg Stolln* en el dis-

Digitized by Google

trito de Clausthal en el Harz hannoveriano. Presentaremos un estracto de la descripcion que de él hace Heron de Villefosse en el cap. IX. Tom II. de su tratado *Sur la richesse minerale*.

Este caño se dirige de E á O en una longitud de 5000 lachter del Harz, que vienén á ser unas 11462 varas castellanas. Su declive es de 15 pulg. por cada 100 lachter, ó lo que es lo mismo $\frac{1}{533}$. Su altura es de 1¾ lachter=4 varas, y su anchura 1 lacht.=2,29 varas. Se emprendió su apertura por 17 puntos á un mismo tiempo, tres de ellos fueron pozos abiertos exprofeso, y los restantes escepto la boca, esto es, 13 de ellos fueron escogidos en labores ya ecsistentes. En trece de estos puntos de partida se trabajaba en las dos direcciones opuestas, para ir á encontrar los dos puntos inmediatos, es decir que, habia treinta sitios de labor en toda la longitud del caño, y resultaron 15 puntos de encuentro, que todos se verificaron con la mayar esactitud.

El fondo del caño se halla en algunos puntos á 344 varas de profundidad, y á cerca de 300 en la mayor parte de su estension. La roca que se tuvó que atravesar fue constantemente la grauvaca alternando con la pizarra micacea. La obra se empezó en 1777 y concluyó en 1799. La única falta, si se puede llamar tal, fue que, en los parages donde hubo que fortificar, lo hicieron con mampostería en seco, la cual falseó antes de pasados 20 años, y ha habido que reemplazarla despues con mampostería trabada. A la entrada del caño la bóveda es elíptica, en el resto es de medio punto. La parte fortificada ó revestida de mampostería comprende, en diferentes trozos, una longitud de 1238$\frac{1}{3}$ varas.

Heron de Villefosse no dice el coste que tuvo esta magnífica obra, solo indica que por medio de ella se pudieron suprimir 15 máquinas que se empleaban en el desagüe, de donde resultó una economía de 192000 rs. vn. anuales, que calculados al 5 por 100 representan un capital de cerca de 4 millones de reales.

Las ramificaciones de los diferentes caños de desagüe que

Digitized by Google

vienen á desembocar en este principal, componen mas de otro tanto que su longitud.

341. Los romanos tambien desagüaban sus minas por medio de largos y profundos caños de desagüe; y tenian tanta mas necesidad de hacerlo asi, cuanto que la maquinaria era muy poco conocida entre ellos: las ciencias esactas se han desarrollado despues de su época. Muchas de las escavaciones antiguas que se encuentran en nuestra península, y que han dado márgen á empresas y especulaciones infructuosas, por suponer que eran escavaciones de beneficio abiertas en criadores metalíferos, no son tal vez otra cosa que antiguos caños de desagüe.

El caño de desagüe abierto por los romanos en las minas de Rio tinto, resulta por mis mediciones que debia tener 870 varas de longitud en roca esteril, desde su boca por debajo de la actual fundicion de San Luis, hasta el principio del criadero en la vertical ó correspondencia del pozo cuadrado. Probablemente este caño continuaría atravesando el criadero, y llegaría tal vez hasta el otro lado del cerro colorado, que es donde se conoce tuvieron mayor actividad sus labores: pero hasta ahora no se ha hecho en aquel establecimiento ninguna investigacion para averiguar á donde llegaron los romanos con sus labores.

Hablando de Rio tinto no se puede menos de citar el célebre y poco conocido don Tomas Sanz, el cual sin mas principios ni estudios que los que podia tener un sastre de la ciudad de Valencia, fue el que dió impulso y ecsistencia á aquellas labores. El fue el que habilitó el antiguo socabon que hoy sirve de cañería de cementacion, y empezó tambien á hacer practicable el referido caño de desagüe, que no se ha continuado despues.

Desde el renacimiento, digámaslo asi, de la minería en España, no se ha construido un solo caño de desagüe que merezca la pena de ser citado, y ni siquiera se ha formado un proyecto.

342. En Sajonia está proyectada la apertura de un caño de desagüe que debe ir desde las fundiciones de Halsbrücke cerca

Digitized by Google

de Freiberg, hasta Meisen, es decir, una longitud de mas de seis leguas españolas. La obra está tasada en 15 millones de thaler, ó sean 216 y pico millones de reales, pero el gobierno sajon no es bastante rico para emprenderla.

Cuando tratemos de la navegacion hablarémos de otro grandísimo caño de desagüe que se emprendió en el Harz, 344 pies mas profundo que el referido por Villefosse.

## §. 3.° *Desague artificial.*

---

343. Las escavaciones á cielo abierto se desaguarán artificialmente por los mismos medios que las subterráneas, es decir, que para llenar este objeto tendran aplicacion las mismas clases de máquinas, y por lo tanto hablaremos de estas en general. Haremos sin embargo una observacion y es que, como que las escavaciones á cielo abierto se hallan naturalmente á la intemperie, no acostumbra á trabajarse en ellas durante el invierno, y en este tiempo suelen estar abandonadas; por consiguiente su desagüe nunca está regularizado ni sistematizado como en las subterráneas. Tambien hay que advertir que, en muchas escavaciones á cielo abierto no incomoda para nada el que haya un poco de agua detenida en el fondo.

En la famosa cantera de Weinboehla en Sajonia, célebre por las cuestiones geológicas á que ha dado lugar su yacimiento, es el único punto donde he visto aplicado el viento como motor para máquina de desagüe. Unas aspas como las de un molino de viento, ponen en accion las bombas por medio de una combinacion de ruedas dentadas, de tirantes y de palancas, todo ello bastante toscamente construido. El viento es un agente muy variable y muy inconstante para poderse aplicar al desagüe de escavaciones subterráneas.

344. El desagüe artificial de las escavaciones subterráneas se verifica por medio de diferentes clases de máquinas, cuyo objeto es siempre elevar el agua hasta el caño de desagüe, á

Digitized by Google

menos que, mas arriba de este, no haya necesidad de ella para alguna manipulacion ó preparacion metalúrgica.

Las máquinas que se emplean en el desagüe de las minas son, el *torno* y las *bombas*.

## *Del Torno.*

345. El torno se reduce á un *árbol* ó cilindro de madera AA, Fig. 144, de 12—14 pulgadas de diámetro, y 2—3 varas de longitud, con dos codos de hierro ó *cigüeñas* B, sujetas en sus dos bases en la direccion del eje del cilindro. Está colocado horizontalmente, apoyando las cigüeñas sobre dos galgas ó pies derechos de madera C, enclavados en el medio de cada crucero del brocal del pozo, y para mayor seguridad sujetos á él con dos riostras D. En el árbol del torno se arrolla una soga ó maroma delgada, á cuyos dos estremos están suspendidas dos vasijas, las cuales suben y bajan por medio de la accion de dos ó mas hombres sobre las cigueñas, y por cuya razon al total de la máquina se llama *torno de mano*.

Las vasijas para subir el agua son por lo general unos cubos ó toneles de mas ó menos capacidad, segun la cantidad de fuerza que se aplique al torno. Antiguamente se usaban en Almaden, y se usan todavía en algunas minas de América, unas vasijas de cuero que se llaman *zacas*; pero se ha abandonado su uso porque hacen perder mucho tiempo en llenarlas y vaciarlas, operaciones engorrosas ambas.

346. Este modo de desaguar las minas no tiene aplicacion mas que á pozos verticales, y de ningun modo á los inclinados; y por otra parte, es un método tan dipendioso de verificar el desagüe que, solo puede ser admisible cuando la profundidad es corta y la cantidad de agua poca.

En todo caso, se puede recomendar el representado en Fig. 145, visto de frente y de costado, que es el establecido por nuestro distinguido mecánico, y artista en general, D. Bartolomé Sureda, en la real fábrica de la Moncloa de Madrid. En primer lugar, como que el *tiro* ó cuerda pasa por dos poleas *a*

Digitized by Google

y *b*, no necesita dar mas que una vuelta en el árbol *c* del torno, cuyo árbol por consiguiente es de muy poca longitud y acanalado en el medio, á modo de una polea muy gruesa. Los cubos ó pozales, como se vé en la figura, tienen su asa agarrada en la mitad, poco mas, de su altura y de modo que puede girar para que, cuando son subidos al nivel del arteson A, tropiecen con el tope *d* y se vacíen por sí mismos. El hombre no tiene que ocuparse mas que en dar vuelta al manubrio, y por consiguiente produce mas trabajo que con el torno ordinario.

### *Bombas.*

347. El principio fundamental del efecto que producen las bombas consiste, en un tubo ó cilindro hueco, llamado el *cuerpo de bomba*, dentro del cual corre ó se mueve otro cilindro de poca longitud, pero que ajusta perfectamente con él. Este cilindro interior que se llama *piston*, es macizo y tiene un mango ó vástago, por medio del cual se pone en movimiento.

El estremo ó boca inferior del cuerpo de bomba está puesto en comunicacion mediata ó inmediata, con un recipiente de agua. El piston en su ascension produce un vacío dentro del cuerpo de bomba, cuyo vacío es inmediatamente ocupado por el agua á consecuencia de la presion atmosférica en el resto de la superficie de ella; por consiguiente el agua, por el solo efecto de la aspiracion nunca podrá subir en las bombas arriba de 34 pies españoles, que es la altura que hace equilibrio á la presion atmosférica; pero nunca se cuenta mas que con 28 pies, porque el resto se pierde en los rozamientos y por los malos ajustes ó vacío imperfecto.

348. Se distinguen tres clases de bombas con respecto á su modo de obrar y la distribucion de sus partes· *bomba aspirante*, *bomba impelente*, *bomba aspirante é impelente*. La segunda no tiene buena aplicacion en minería.

349. El que no sepa lo que es una bomba aspirante, puede formarse una idea de ella ecsaminando la Fig. 116. La parte



Digitized by Google

AB representa el cuerpo de bomba ó cilindro hueco en que corre el piston P; el cual, por medio del vástago D se une al estremo E de una palanca, que tiene su punto de apoyo en *c* y es puesta en movimiento por un hombre actuando en el otro estremo F. El tubo C es el llamado de *aspiracion*; es mas delgado que el cuerpo de bomba, y en su estremo superior tiene una válvula *a*, que se abre hácia arriba. El piston tiene otra válvula *b* que se abre igualmente hácia arriba.

El efecto de esta bomba, es fácil de comprender. Cuando el piston sube, tiende á formar el vacío en la parte inferior del cuerpo de bomba; por consiguiente, la válvula *b* se cierra y la válvula *a* se abre y permite la ascension del agua. Cuando el piston baja tiende á comprimir el aire encerrado en la parte inferior del cuerpo de bomba, ó bien al agua si ha llegado ya hasta allí, la válvula *a* se cierra, y la válvula *b* se abre dando paso al agua que habia subido en la ascencion del piston; vuelve á subir este, y como entonces se cierra su válvula, se lleva consigo el agua que tiene encima y la descarga por el boquete G; y en esta segunda ascension del piston, el cuerpo de bomba se vuelve á llenar de agua cuya agua es impulsada en la tercera asencion, y asi sucesiva é indefinidamente mientras obre el motor en la palanca.

Esta clase de bombas, como la representada en Fig. 146 son puestas en accion por uno ó dos hombres, y de aqui el llamarlas *bombas de mano*. Son muy usadas en la industria en general, y particularmente en la marína. En las minas tienen el inconveniente de que, hay que pagar muchos jornales para que esten en accion contínua; asi es que, no se usan sino provisionalmente v. g. en la caldera del pozo maestro ínterin se añaden los tubos correspondientes en el sistema general de bombas, en un pozo interior ó cualquiera otra escavacion de profundidad, mientras no se pone esta en comunicacion con el resto de las labores. Por otra parte, estas bombas de mano siendo aspirantes, solo sirven para subir el agua de una profundidad que no pase de 9—10 varas.

El diámetro del cuerpo de bomba suele ser de 16—22 cen-

Digitized by Google

tésimas de vara, y el del tubo aspirante la mitad ó poco mas. La marcha del piston es de una vara sobre poco mas ó menos. Las que se usan en las minas suelen ser de madera en su totalidad, tanto porque asi cuestan menos como porque son mas manejables para transportarlas de un punto á otro.

850. La bomba aspirante é impelente está representada en Fig. 147. El cilindro AB constituye el cuerpo de bomba donde marcha el piston; se halla en comunicacion por su parte inferior con el tubo aspirante C, y por un costado con el tubo de salida D. Las dos válvulas *a* y *b* se abren hácia arriba, y el piston es macizo, es decir, no tiene válvula.

Habiendo entendido la marcha de la otra bomba, no hay necesidad de detenerse en la esplicacion de esta. Cuando el piston sube, el agua sube igualmente por el tubo aspirante: cuando el piston baja, el agua es impelida hácia arriba por el tubo D; porque, entonces la válvula *a* se cierra y la válvula *b* se abre.

Con esta bomba se puede hacer subir el agua á mucha altura, no hay mas que alargar el tubo D; pero á medida que se alarga este tubo, hay que aumentar la fuerza que impele el piston hácia abajo; por consiguiente, dicha altura estará limitada por la fuerza que tengamos disponible y que se pueda aplicar á impeler el piston. Desde luego se ve que, para esta accion contribuye ó ayuda el peso del piston, por consiguiente es ventajoso el que él tenga mucha masa.

851. Tambien se puede cambiar el efecto de la bomba aspirante é impelente, haciendo que cuando baja el piston suba el agua por el tubo aspirante, y cuando suba el piston impela al agua por el tubo de salida. La Fig. 148 representa la disposicion que han dado á la bomba de desagüe que pone en movimiento la magnífica y hermosísima máquina de columna de agua, en la mina de *Silber Seegen* en el distrito de Clausthal. (*)

El gran piston P se mueve en el cilindro AB, abierto por

---

(*) Véase en las adiciones al fin de la obra.

su parte inferior y cerrado por la superior, y que viene á ser el cuerpo de bomba, el cual comunica, por medio de la garganta F, con el tubo de aspiracion C y con el de impulsion E, que se hallan incomunicados entre sí por las dos válvulas *a* y *b*, ambas hácia arriba. Cuando el piston baja, se forma el vacío entre las dos válvulas, por consiguiente se abre la inferior, y el agua sube por el tubo de aspiracion: cuando el piston sube, se abre la válvula *b*, se cierra la *a*, y el agua que por la garganta se habia introducido en la parte superior del cuerpo de bomba, se ve precisada á subir por el tubo de impulsion. Mas adelante nos ocuparemos un poco mas de esta máquina, por ahora solo diré que, toda ella es de hierro fundido, y que el piston P, con el vástago y sus adherentes, pesa 94½ quintales de Clausthal, que hacen cerca de 500 arrobas.

852. Para el desagüe general de una mina se abre un *recipiente* ó gran cavidad, á donde se dirigen todas las aguas, y de allí son subidas hasta el caño de desagüe por medio de una bomba ó una serie de bombas, establecidas en un pozo, vertical ó inclinado, y que por esta razon se llama *pozo de bombas.* Este pozo tiene que ser transitable, es decir que, debe estar provisto de escalas y sus correspondientes descansillos, para bajar á observar el buen ó mal estado de las bombas, y componer en ellas las averías que puedan ocurrir: asi es que, el pozo de bombas suele ser al mismo tiempo pozo de bajada.

Las bombas pueden estar puestas en movimiento por la accion de una rueda hidráulica, de una máquina de vapor, ú de una máquina de columna de agua. El moverlas por medio de caballerías sería muy poco económico, y mucho menos todavia el moverlas por hombres.

853. Las ruedas hidráulicas aplicadas á este objeto pueden variar mucho, tanto por el modo como ellas reciben la impulsion del agua, cuanto por la disposicion de la maquinaria para transmitir á las bombas la accion de las ruedas. Nos contentaremos con describir la que está mas en uso en las minas, y que hemos representado en Fig. 149 vista de costado, y en Fig. 150 vista de frente. La rueda A recibe por choque superior el

Digitized by Google

agua que viene por la canal D; lo mismo podia recibirla á la altura de su ege, ó por la parte inferior; y este último caso es el mas ventajoso, y el que se ha adoptado generalmente en la industria.

Esta rueda se puede colocar en la superficie, pero para aprovechar mayor caida de agua, y tener por consiguiente mas cantidad de accion disponible, es preferible colocarla dentro de los subterráneos, un poco mas arriba del nivel del caño de desagüe C. Tampoco es precision el que la rueda motriz se halle encima del pozo de bombas; se puede colocar á cierta distancia de él; en este caso, la comunicacion del movimiento se verificará por medio de dos tirantes de prolongacion colocados horizontalmente, desde cada estremo del ege de la rueda á las cabezas de los tirantes generales.

Cuando la rueda esté sobre el pozo, habrá que cubrir este con una bóveda y una obra de mampostería B, egecutada de modo que, el agua motriz despues de haber egercido su accion, pase por debajo de la rueda sin caer en el pozo.

Los espacios en que juega cada tirante general, se pueden aislar por medio de muros de tablas ó de mampostería, pero dejando espedita la comunicacion entre los dos cajones de las bombas correspondientes en ambos tirantes.

Estos tirantes generales *ab* están enganchados, de modo que puedan girar, en unos codos ó manivelas de hierro, que están sujetas, en sentidos opuestos, á los dos estremos del árbol de la rueda; de modo que, cuando el un tirante se halla en la posicion mas alta, el otro se halla en la mas baja. En cada uno de los dos tirantes están sujetos los vástagos *e* de una serie de bombas *fg*, las cuales, cada una chupa ó aspira en el cajon *h* el agua que la bomba inmediata inferior ha vaciado en él; de modo que, con el movimiento alternativo de los tirantes generales, todas las bombas son puestas simultáneamente en accion, y el agua es subida desde el recipiente hasta el último cajon superior, y este vierte en el caño de desagüe.

354. Dichas bombas son en realidad aspirantes, pero varian de las que hemos descrito (349) en que, el cuerpo de bomba

Digitized by Google

tiene mas longitud que la necesaria para la marcha del piston; esta mayor longitud ó parte adicional, que algunas veces suele ser de muchas varas, viene á hacer el oficio de tubo de impulsion ó de salida, en el cual el piston sirve de fondo, y sostiene sobre sí la carga de toda el agua que ha pasado por su válvula. Por esta disposicion se vé desde luego que, la distancia de una bomba á otra podrá ser la que se quiera, y que no depende de ningun modo de la altura de la columna de agua correspondiente á la presion atmosférica. Asi es que, la distancia de una bomba á otra varia en cada pais.

En las minas de Sajonia siendo el pozo vertical, esta distancia es constantemente de 35 pies, de modo que de piso á piso hay cuatro bombas. En Ungría hacen las bombas de 34, de 68 y hasta de 102 pies de longitud, pero el tubo aspirante nunca pasa de 13 pies. En Francia usan bombas de 108 pies de longitud, dando al tubo aspirante 18.

355. Ahora entra la cuestion de saber cuál de los dos métodos es mas ventajoso; ¿que los tubos adicionales al cuerpo de bomba sean muy largos, ó que sean cortos? Considerada la cuestion bajo principios de mecánica, no hay duda que es preferible el que los tubos sean muy largos, y la razon es; como que el rozamiento de pistones es relativamente el mayor de todos los que se producen en las máquinas, cuantas mas bombas se pongan en una profundidad dada, tanta mas fuerza se desperdiciará de la empleada en moverlas: y por consiguiente, lo mas ventajoso será el poner una sola bomba, y que su piston sostenga toda la columna de agua desde el recipiente hasta el caño de desagüe, como sucede en Silber-Seegen (351) que esta distancia es de 344 pies del Harz.

Contra esto dicen algunos que hay dos inconvenientes, 1.° que habiendo una columna de agua tan considerable encerrada en un tubo, necesita este ser muy fuerte para que la presion no lo destruya; 2.° que habiendo pocas bombas, si sucede en alguna de ellas una avería, sus resultados serán de mayor consecuencia, y que ademas, mientras se remedia la avería estará detenido el desagüe. Para remediar el primer inconve-

Digitized by Google

niente basta hacer que el tubo sea de hierro y de un espesor proporcionado á la presion que ha de esperimentar. Para el segundo inconveniente, no hay mas que tener siempre de repuesto un juego de todas aquellas piezas que son susceptibles de descomposicion tal como, válvulas, piston, tornillos &c., y tener estas piezas siempre á la mano para acudir al remedio en el momento que se percibe el daño.

La verdadera ventaja de que haya varias bombas y no una sola es que, no hay necesidad de hacer bajar al recipiente toda el agua de la mina, sino que el agua de cada galería se puede dirigir al cajon mas inmediato inferior, y desde allí ser aspirada por la bomba correspondiente, de donde resulta una gran economía en el efecto que se ecsige produzca la máquina.

En resumen diremos que, teniendo todo presente, en un sistema de bombas puesto en movimiento por una rueda hidráulica, se debe poner en cada tirante una bomba de piso á piso, es decir, tantas bombas cuantos sean los pisos debajo del caño de desagüe.

356. La forma y dimensiones de la rueda pueden ser hasta cierto punto las que se quieran. En el distrito de Freiberg son todas ellas de cajones, y en general tienen 42 pies de diámetro, 3½—4½ pies de llanta, y los cajones son 96. La longitud de los codos es media vara, por consiguiente la amplitud de la marcha de los pistones es una vara. El cuerpo de bomba donde marcha el piston, es un cilindro de hierro con un diámetro de 6—9 pulg. Tanto el tubo adicional como el aspirante son de madera, la longitud de este último nunca pasa de 20 pies, y su diámetro desde 3 hasta 5 pulgadas.

El diámetro de los tubos, tanto el del aspirante como el del cuerpo de bomba, no es el mismo en todas las bombas; en las inferiores son mas estrechos que en las superiores, y en la relacion, ó mas bien, con la diferencia dicha de 6—9 y de 3—5. La razon de esta diferencia en el diámetro de los tubos es que, las bombas inferiores no tienen que elevar tanta agua como las superiores; pues estas, ademas del agua que les suministran aquellas, tienen que elevar la que procede de las escavaciones que están al nivel de su respectivo cajon.

Digitized by Google

Los cajones donde vierten y aspiran las bombas son corridos de un lado á otro del pozo, es decir, que sirven para las dos bombas que en cada tirante se hallan á una misma altura, y por este medio, aun cuando una bomba deje de actuar, no por eso se suspende el desagüe. Generalmente hay colocadas mas bombas que las necesarias para el agua que produce la mina. Para hacer que una bomba no actúe, basta desenganchar su vástago del tirante general.

337. En todos los pozos de bomba en Sajonia hay una campanilla colocada en el esterior, en su correspondiente campanario. La cuerda de esta campanilla, que es de alambre, baja hasta la rueda, la cual hace sonar á aquella en cada vuelta que dá, por medio de un tope convenientemente dispuesto. Mientras suena la campanilla, es señal que el desagüe marcha bien; si deja de tocar ó que no suena con uniformidad, es que ha sucedido alguna avería, y se pasa desde luego al reconocimiento. Aquel sonido constante, monotono y uniforme, oido en la soledad y aspereza de una boca—mina, es seguramente muy romántico, pero dá una idea poco alhagüeña de lo que es el trabajo de los mineros.

### *Válvulas y pistones.*

338. Las válvulas pueden estar colocadas en la pared de una cavidad cualquiera, ó al estremo de un tubo fijo; y pueden estar colocadas en un piston. Aunque en la esencia la válvula es siempre una misma cosa, y su objeto es siempre dejar y no dejar pasar el agua alternativamente; sin embargo, las válvulas fijas admiten una construccion diferente que las ambulantes, digámoslo asi, que se ponen en los pistones. La válvula del piston de una máquina pneumática suele ser un pedacito de hule, sujeto por medio de un hilo al borde del mismo piston; la válvula de un fuelle de pava es una tabla gruesa de cerca de un pié cuadrado de superficie.

339. Como que las válvulas son unas piezas tan esenciales para el buen efecto de una bomba, se ha estudiado mucho

su construccion para obtener un buen cierre ó interposicion del líquido, y que al mismo tiempo se abran fácilmente cuando este ha de pasar á través. Las mas conocidas y las mas en uso son las llamadas de *portezuela*, porque efectivamente tienen la misma forma y disposicion que una puerta, con sus pequeños goznes, ó con un pedazo de cuero que hace el mismo oficio, y sobre el cual se abren y se cierran. Estas válvulas suelen ser de tabla ó bien de plancha delgadà de hierro, y para que el ajuste sobre el ahujero sea mas completo, se las reviste por su parte interior con un cuero ó badana. Pero esta disposicion tiene el inconveniente que, cuando la bomba está algun tiempo sin servir, el cuero se reseca, y hasta que no vuelve despues á reblandecerse, la bomba no hace absolutamente efecto. En la Fig. 151 esta representada una válvula *a* de portezuela.

La Fig. 152 representa una válvula de chapa *a*, que puede ser circular ó cuadrada. En el disco ó pared en que ha de ajustar hay hecha una entrada del mismo grueso y anchura que la chapa; y para que esta no pueda salirse de su lugar, tiene un vástago *ab*, que pasa por el orificio de dos barritas de hierro fijadas horizontalmente en el taladro del disco que dá paso al agua.

La válvula cónica de Fig. 153 viene á ser bajo el mismo principio que la anterior, solo que la válvula en lugar de ser una chapa, es un cono truncado inverso, y que entra ó ajusta en otro cono hueco semejante á él, pero un poco mas estrecho. Este ajuste cónico es muy ventajoso primero, porque tiene muchos puntos de contacto y es mas segura la interposicion; segundo, porque aun cuando con el uso se gaste la válvula, ha de trascurrir mucho tiempo antes que llegue el caso de que ella pueda pasar por la base menor del cono hueco, y hasta entonces hay siempre buen ajuste.

La mejor válvula es la esférica, Fig. 154, porque de cualquier modo que caiga siempre ajusta bien, y por consiguiente no hay que tener tanto cuidado en la sujecion y buen arreglo de su vástago, basta solo el que no pueda salirse del disco.

360. Por lo que hace á los pistones, para que ellos produz-



Digitized by Google

can su efecto es preciso que ajusten en el cilindro del cuerpo de bomba, y que ajusten bien en toda la longitud de su marcha, es decir que, el cuerpo de bomba debe formar interiormente un cilindro perfecto, y el piston debe ser otro cilindro de un diámetro un poco menor. En las artes es muy difícil hacer un cilindro perfecto, cuanto mas dos que ajusten bien uno con otro; por esta razon el cilindro del piston se acostumbra á revestir con cuero, cáñamo, estopa ú otra materia que, dilatándose con la humedad perfeccione el ajuste sin aumentar por eso el rozamiento: pero este revestimiento del piston se gasta y destruye con facilidad, y hay que renovarlo con frecuencia, deteniéndose durante este tiempo la marcha del desagüe, de lo cual pueden resultar graves perjuicios en el laboreo de la mina.

361. La forma mas comun de los pistones es la representada en Fig. 155, el cilindro A tiene un reborde en cada base, cuyos rebordes tienen que ajustar con el cilindro interior del cuerpo de bomba. Para que el resto del piston ajuste igualmente, se le reviste con estopa ó cáñamo hasta rellenar el hueco que forman ambos rebordes. Este piston suele ser todo él de metal, ó cuando menos los aros que forman los rebordes, siendo el resto de madera. El vástago *ab* lo atraviesa por su ege, y se sujeta por medio de una tuerca esterior en su parte inferior.

En los grandes pistones de las bombas de desagüe general hace muy buen efecto el revestirlos con un gollete de cuero *abcd*, Fig. 156, cuyo gollete es cónico y rodea ó abraza al piston en su parte superior, y está sujeto á él por medio de un aro de hierro en *cb*. Este gollete puede tambien ser doble esto es, que sobresalga por la parte inferior del mismo modo que por la superior.

En las minas de Sajonia el piston está formado por dos cilindros de madera A y B Fig. 157, los cuales se comprimen uno contra otro por medio de una fuerte tuerca en el estremo inferior del vástago *mn*. Cada uno de los dos cilindros tiene un gollete de cuero *abcd*, *a'bcd'*, que quedan sujetos por el

Digitized by Google

efecto de dicha tuerca. La forma de estos golletes es cilíndrica ó por mejor decir, vienen á tener la forma de una copa de sombrero en la cual se hubiera cortado ó arrancado un círculo en su parte superior, pues de lo contrario no podrian tener accion las válvulas á través del piston. Como que estos golletes se hacen de un pedazo de cuero, para darle la forma requerida es menester golpearlo con un martillo y humedecerlo alternativamente; y es operacion un poco pesada porque, el cuero bien curado no cede facilmente.

Tambien se hacen pistones sobreponiendo unos sobre otros una porcion de discos uno de cuero y otro de metal, Fig. 158; siendo los dos estremos de metal, y algo mas gruesos. Todos estos discos están sujetos al vástago por medio de un tornillo como en el descrito anteriormente.

Para evitar el que se pierda el buen ajuste con el desgastamiento del piston en su uso, se ha ideado el formar sus discos metálicos de varias piezas que apoyen en el vástago por medio de unos resortes *a*, Fig. 159, los cuales tienden siempre á empujar su respectiva pieza contra las paredes interiores del cilindro del cuerpo de bomba. Pero esta disposicion me parece un poco demasiado complicada, para que pueda tener buena aplicacion en la práctica, y mucho menos para máquinas que la mayor parte de las veces han de estar manejadas por operarios poco inteligentes.

362. Las valvulas que hayan de llevar los pistones podrán hacerse bajo cualquiera de los métodos indicados (359). La Fig. 160 representa la seccion de un piston con su válvula de chapa B; el vástago A remata en dos brazos ú horquilla *abc* que atraviesa al piston sin embarazar la marcha de la válvula.

En Sajonia los pistones estan taladrados con cuatro ó con ocho pequeños ahugeros abiertos simétricamente al rededor de su eje, siendo su forma, ó bien cuadrangular como en Fig. 161, ó bien circular como en Fig. 162. Para servir de válvula se coloca sobre el piston una rondela gruesa de cuero, sujeta únicamente en su centro por medio del reborde del vástago, y siendo su diámetro un poco mayor que lo que se estienden

Digitized by Google

los ahugeros, á los cuales tapa y abre todos á la vez.

363. Cuando las bombas de las minas tienen que emplearse como sucede algunas veces, en estraer aguas vitriólicas, en ese caso no puede emplearse en ellas ninguna sustancia animal ni vegetal, ni tampoco el hierro, porque á todo esto ataca y destruye el áccido sulfúrico: por consiguiente entonces hay que hacerlas de madera, y para las piezas que deban ser metálicas puede emplearse el cobre, el laton, el zinc y el plomo; los dos primeros metales para todo lo que sea válvulas, pistones y cuerpos de bomba.

La mayor dificultad está en el ajuste de los pistones en el cilindro de su cuerpo de bomba porque, como ya hemos dicho no es fácil encontrar buenos artistas que calibren bien ambas piezas. En Schmoelnitz en Ungría para verificar la cementacion del cobre inundan la mina de agua; esta agua, al cabo de 15—20 dias se carga de sulfato de cobre, y entonces la estraen para hacerla pasar sobre las barras de hierro que, combinándose con el azufre hace que el cobre quede libre. No sé cual es el método allí adoptado para la construccion de las bombas que estraen esta agua.

En nuestras ricas minas de Rio-tinto no se atreven á profundizar las labores por no perder el agua de cementacion, y que al mismo tiempo no saben qué clase de bombas emplear para la ascension de aquellas aguas vitriólicas. No es sin embargo un problema muy dificil de resolver. Yo indicaría para todos los empresarios de minas que puedan hallarse en igual caso en España, la bomba aspirante é impelente bajo el principio de la ya descrita de Silber-Seegen en la Fig. 148.

364. Otras muchas clases de máquinas posee la mecánica para hacer ascender el agua, pero ninguna de ellas tiene buena aplicacion para el desagüe de los subterráneos. La rosca de arquimedes por ejemplo, sirve solo para muy corta profundidad. Las norias árabes, y las cadenas de paternoster sean con chapas ó con esferas, son métodos muy mezquinos, muy imperfectos y tampoco sirven para grandes profundidades.

Digitized by Google

## *El Spindel.*

365. No dejaremos esta parte tan interesante del laboreo de minas sin hacer mencion del *spindel* ó acuñado, el cual, si bien no es un medio de estraer agua de las minas, es un modo de evitar el tener que estraerlas, y por consiguiente debe comprenderse en el desagüe artificial.

El spindel está reducido á cerrar herméticamente una galería por la cual afluyen aguas que, inundan las labores en actividad ó bien las escavaciones que es preciso conservar transitables. Por consiguiente un spindel no deberá construirse sino para cerrar ó cortar la comunicacion con labores abandonadas, ó con sitios ya completamente cultivados, y por los cuales no haya necesidad de transitar.

366. Supongamos que AB, Fig. 163, sea una galería en la cual se quieren retener las aguas que afluyen de la parte B. Se empezará por escoger un sitio en que la roca sea bien compacta, que esté sana, sin quiebras, grietas ni revenimientos. Allí se arregla, con martillo y punterola, un trozo CDFE de la escavacion en forma cónico-truncada, cuya mayor base esté en el *amont* ó direccion de donde viene el agua. No es indispensable el que este cono sea precisamente circular, pero sí el que sus dos bases sean enteramente semejantes, y que su superficie sea reglada.

Dispuesta asi la escavacion, se rellena con grandes maderos bien labrados en forma de cuñas, y que ajusten perfectamente unos con otros. Por buenos que sean los entivadores nunca puede hacerse este ajuste completamente esacto, y hay que perfeccionarlo despues con cuñas largas y delgadas. La mejor madera para estas cuñas es el aya, el resto del spindel puede ser de pino.

Como que los últimos palos que se colocan en el spindel tienen que entrar á golpe de maza, si se rellenase todo de una vez, los operarios quedarian encerrados en la parte de escavacion que se trata de obstruir. Para remediar á esto lo que se

Digitized by Google

hace es, dejar en el ege del spindel un hueco cónico que lo atraviesa de un lado á otro, y cuyo diámetro será en cuanto pueda pasar por él un hombre arrastrando, esto es sobre media vara. Este ahugero sirve al mismo tiempo para dar salida á las aguas durante el trabajo.

Para cerrar despues este ahujero se construye un tapon *ab* de forma cilíndrica, y un poco mas grueso que el hueco que ha de cerrar. El último operario que sale, lo trae consigo y lo presenta á la boca del ahugero, y desde la parte de afuera se tira con la cuerda *bf* hasta colocarlo en su posicion. Las aguas que se acumulan despues, aprietan no solo el tapon, sino todo el acuñado, y cuanta mas presion haya mas firme queda. La construccion de un spindel es una obra de ecsámen para los entivadores.

337. Para saber la cantidad de agua que se vá acumulando detras del acuñado, se coloca segun su longitud, un tubo de hierro *de*, en cuyo estremo esterior *e* se pone un manómetro de mercurio. La altura del mercurio en el tubo del manómetro, multiplicada por 13,59 (que es la desindad del mercurio respecto á la del agua), nos dará la altura que tiene el agua acumulada en las escavaciones interceptadas.

368. Cuando hay aguas retenidas, bien sea artificialmente como acabamos de decir, bien sea por la disposicion natural de las diferentes capas del terreno, y que las labores van mas profundas que ellas, se dice en términos mineros tener *aguas colgadas*. Es preciso tenerlas mucho respeto, y andar con mucha precaucion por sus inmediaciones.

Digitized by Google

## CAPITULO III.

### *DE LA VENTILACION DE LOS SUBTERRANEOS.*

§. 1.º *Causas que inficionan el aire en los subterraneos.*

269. El hacer habitables las escavaciones subterráneas, es la parte mas interesante del laboreo de minas, y la que mas debe fijar la atencion y la filantropía de los ingenieros, incluyendo bajo este nombre hasta los gefes superiores del cuerpo facultativo, y aun al gobierno mismo por la parte que tiene en la administracion y direccion de nuestros trabajos. No se trata solo de hacer que haya en los subterráneos un aire, con el cual puedan vivir los operarios mientras se hallen en el trabajo: es preciso que este aire sea bastante puro y sano, para que los que lo respiren no esperimenten detrimento en su salud y queden despues inutilizados para siempre, resultando una porcion de familias víctimas de la ambicion y de la codicia de unos pocos. Hartos peligros, y hartos contratiempos tienen que sufrir los pobres mineros en el curso ordinario de las labores, por bien dirigidas que esten, sin necesidad de ir á emponzoñarse respirando un aire mefílico y corrompido.

No es decir esto que todos los gobiernos, y el nuestro el primero, no hagan todo lo posible por aliviar la suerte de los operarios que desgraciadamente se inutilizan en sus minas; pero nunca se puede llamar bastante la atencion sobre este punto. El dejar perecer de necesidad á un hombre que se ha inu-

Digitized by Google

tilizado por servir á otro que puede darle de comer, es una inhumanidad.

En Almaden cuando los eperarios empiezan á resentir los malos efectos del vapor mercurial, son desde luego destinados á los trabajos de la superficie, cuyos trabajos no tienen otro objeto que el de dar de comer á aquellos infelices, y que por esta razon se llaman *trabajos de sancamiento*, es decir que, su objeto no es de una utilidad inmediata para la marcha de las labores: y esta es una carga inevitable que tiene aquel establecimiento en razon á la naturaleza de su criadero. Tambien se conceden pensiones de 2 y 3 reales diarios á las viudas de los que perecen desgraciadamente en la mina.

En el Harz cuando un operario recibe un golpe ó herida dentro de la mina ó en trabajo dependiente de ella, se le socorre durante las ocho primeras semanas con 1 thaler en cada una, que viene á ser lo que ganan de jornal, y por de contado médico y botica de valde; si tarda mas tiempo, le siguen dando 10 grosses semanales, los cuales continúan indefinidamente en el caso de quedar inútil.

En varios estados de Alemania, una de las contribuciones que pagan las minas sobre sus frutos, es un pequeño impuesto con el cual se forma una caja ó fondo, cuyo principal objeto es socorrer á los que se desgracian en las labores, y dar pensiones á sus viudas ó huérfanos. ¿No podria adoptarse un método semejante en nuestras Alpujarras, donde las desgracias son tan frecuentes?

370. El aire atmosférico en que vivimos sumergidos y que por consiguiente respiramos, se compone de 79 partes, en volúmen, de gas azoe, 21 de gas ocsígeno y $\frac{1}{1000}$ de gas áccido carbónico. Solo el primero nos sirve de alimento, y por eso suele tambien llamarse *aire vital*; pero si lo respiramos puro y sin mezcla de ningun otro gas, viviríamos tanto y tan apriesa, si es que puede decirse así, que dejaríamos de ecsistir bien pronto. El gas azoe puro, es perjudicial á la economía animal; el gas áccido carbónico es irrespirable y mata repentinamente. La combinacion de estos tres gases y en las propor-

Digitized by Google

ciones dichas, es la que favorece á nuestra ecsistencia.

371. Mr. Goodwin ha demostrado que, respirando un aire compuesto de 80 partes de azoe, 18 de ocsígeno y 2 de áccido carbónico, este aire despues de haber estado en los pulmones contiene las mismas 80 partes de azoe, pero 5 de ocsígeno y 13 de áccido carbónico; es decir que, en el fenómeno de la respiracion se consume ocsígeno y se produce áccido carbónico. Cada hombre necesita para vivir, término medio, media pulgada cúbica de ocsígeno por minuto; si se halla encerrado en un espacio en que no se pueda renovar el aire, cuando haya consumado el ocsígeno allí contenido, perecerá. Por consiguiente para que el hombre pueda vivir es indispensable que, el aire que él respira esté en continua circulacion, y esta circulacion se debe establecer dentro de los subterráneos, y es á lo que llamamos *ventilacion*, la cual algunas veces es bastante difícil de conseguir.

372. No son solo los pulmones de los mineros los que malefician el aire de los subterráneos; las luces como es sabido, hacen el mismo efecto. Tambien contribuyen á esto algunas sustancias minerales desprendiendo gases que son perjudiciales á la economía animal, como son v. g. el áccido carbónico y el gas hidrógeno carbonado. Este último gas ademas de ser perjudicial á la economía animal, tiene la propiedad de inflamarse con facilidad haciendo grandes estragos no solo con el choque de su detonacion, sino que, como en ella se consume ó se quema el ocsígeno circunvecino, resulta en la escavacion un aire enteramente mefítico y ponzoñoso. En la mina de ulla de Horlot junto á Lieja en el año 1812 se verificó una inflamacion y detonacion del gas hidrógeno carbonado, en la cual pereció mucha gente; y solo de las resultas del aire inficionado murieron 68 personas que se hallaban á cierta distancia del sitio del accidente.

La gravedad específica del gas áccido carbónico es 1,5 con respecto al aire atmosférico, y la del gas hidrógeno es, 0,073; quiere decir que, el gas áccido carbónico es mas pesado que el aire atmosférico, y el hidrógeno carbonado mas ligero; por

consiguiente aquel se hallará siempre en la parte inferior de las escavaciones, y este en la superior. Esta circunstancia hay que tenerla muy presente para establecer el método de ventilacion, cuando haya que luchar con estos dos gases.

373. En las minas de Almaden la elevacion de la temperatura en los sitios poco ventilados y en que hay mucha reunion de gente, hace que el mercurio del cinabrio abandone al azufre con quien está combinado, y pase al estado de vapor en átomos imperceptibles; y esta cantidad es algunas veces tan considerable, que ya no puede conservarse volátil: se condensa y cae en forma de rocío, cubriéndose el suelo de globulillos de azogue.

Estos vapores mercuriales producen en la salud de los operarios los efectos mas tristes y mas perniciosos, introduciéndose y penetrando hasta el tuétano de los huesos, no solo por la respiracion, sino tambien por los poros de la piel que se hallan abiertos y escitados por el trabajo y el cansancio.

El efecto del mercurio en la economía animal es atacar al sistema nervioso. Lo primero que se resienten los operarios es en la dentadura, las encías y las quijadas, con algo de aturdimiento de cabeza; y á esto es lo que llaman ponerse *modorros*. Despues son atacados en los nervios de sus estremidades, produciendo un temblor contínuo en los brazos, en las piernas ó en el cuello, y algunas veces en todas estas partes á un tiempo. El último grado del azogado son los calambres convulsivos, semejantes á los del cólera-morbus; enfermedad horrible y espantosa. Por otra parte, aun cuando no se manifiesten estos efectos en todos los individuos, como que su sistema nervioso se halla siempre conmovido, están naturalmente predispuestos á las pasiones que son consiguientes; mucha irascibilidad en sus cuestiones y desavenencias; una lujuria estraordinaria.

Está observado en aquel establecimtento que, en no dando mas de diez jornales al mes dentro de la mina, no perjudican los vapores mercuriales; pero pasado este número el mercurio hace su efecto; por consiguiente, los jornales de la mina deben

Digitized by Google

ser mucho mayores que en la superficie. A este mismo principio se arreglan tambien los trabajos de saneamiento, y no se destina á ellos ningun operarario sin que haya hecho por lo menos diez entradas en la mina.

La gente operaria es generalmente estúpida, pertinaz y poco económica, en todos los paises del mundo. En Almaden hay individuos que, por la ambicion de ganar mas, ó bien porque se gastan alegremente en una noche el sudor de una semana, y no les alcanza para cubrir sus necesidades el producto de los diez ó doce jornales que les dá el establecimiento, tienen que acudir á los destajistas, los cuales no les pagan tanto y les hacen trabajar mas: hacen 20—30 y mas entradas en un mes, y se vuelven modorros.

Tambien se ha observado que alternando las labores de la mina con las faenas de la agricultura, se resiste mucho mejor á los efectos del mercurio. Asi es que los de Chillon, pueblo agricultor un cuarto de legua distante de Almaden y que suministra un gran número de operarios para las minas, son muy poco atacados por el mercurio, á pesar de que, cuando hay un sitio que nadie quiere trabajar por ser mal sano, alli estan los chilloneses que no dejarán nunca desairada la tasacion del destajo hecha por los capataces.

374. En las minas de las Alpujarras ó sierra de Gadór la galena pasa algunas veces á un estado pulverulento tan ténue, que se hace volátil en el aire de los subterráneos. La aspiracion de estos átomos plomizos produce cólicos terribles, y algunas veces la muerte: es lo que allí llaman *emplomarse*. En un principio, es decir, cuando aquellos establecimientos empezaron á tomar el incremento que tienen hoy dia, fué enfermedad que hizo muchos estragos y llegó cuasi á amenazar la prosperidad de aquella industria. Los médicos y los no médicos se dedicaron todos á buscar un antídoto contra semejante azote; y por fin un curandero ha encontrado una receta, que no conozco, con la cual se destruye al momento el mal efecto de la emplomacion. Es una receta que poseen en todos los cortijos de minas, y no viene á ser otra cosa que un vomitivo.

Digitized by Google

375. En las minas de Rio-tinto suele formarse una atmósfera azufrosa, sobre todo cuando reinan ciertos aires que hacen entrar en los subterráneos el humo de las calcinaciones. Produce un efecto muy desagradable, ataca á la garganta y todo el mundo está tosiendo durante el trabajo; pero no pasa de ahí; aquellos mineros, la mayor parte de casta gallega y alemana, son gente muy sana y muy robusta. Rio-tinto es un establecimiento que se puede recomendar medicalmente para muchas enfermedades tal como hidropesías, opilaciones y para toda clase de enfermedades cutáneas. Nunca se ha propagado allí un solo caso de peste en las épocas de las grandes epidemias que han aflijido aquella parte de la hermosa Andalucía, apesar de haber muerto personas que habian acudido ya apestadas de otros puntos. Es una circunstancia favorable de la que, el gobierno mismo podria sacar mucha utilidad para el fomento y prosperidad de aquel establecimiento.

El arsénico tambien suele molestar en algunas minas, pero quien mas tiene que lidiar con él son los fundidores. Contra los efectos de los vapores arsenicales no hay otro remedio que no respirarlos.

376. Otra causa que puede hacer inhabitables las escavaciones subterráneas es una temperatura demasiado elevada, es decir, un calor escesivo.

Es una cosa ya demostrada que la temperatura de nuestro globo aumenta desde la superficie hácia su centro, y que la de la atmósfera disminuye á medida que se asciende en ella. Muchos son los esperimentos que se han hecho por diferentes sábios en comprobacion de esta verdad; pero los que merecen mas confianza, tanto por los muchos conocimientos y estrema laboriosidad del observador, como por los medios de que ha podido disponer y las circunstancias favorables en que para ello se halla, son los verificados por Herr F. Reich, profesor de física en la real academia de minas de Freiberg, de cuyos trabajos ha publicado una memoria en 1834, que ha merecido la aprobacion de todos los sabios de Alemania y de Fran-

Digitized by Google

cia. (*) Los resultados obtenidos por Reich son que, por cada 174 metros (208 varas) que se asciende en la superficie al aire libre disminuye la temperatura un grado del termómetro centesimal, y por cada 41,84 metros (50 varas) que se profundiza en el seno de la tierra se aumenta un grado centesimal.

377. Desde luego se vé que, las profundidades á que podemos llegar con nuestras escavaciones, no pueden dar lugar á un aumento de temperatura tal, que imposibilite los trabajos. Lo que produce un aumento de temperatura que llega á ser algunas veces bastante molesta, es la descomposicion de los minerales piritosos. En las minas en que se verifica este fenómeno, el calor llega algunas veces á ser insoportable, y los operarios pasan las mayores angustias cuando se abre una escavacion nueva, mientras ella no se pone en comunicacion con otras labores. Tal es el caso por egemplo en Rio-tinto en España, y en Rammelsberg en el Harz.

378. En ciertas minas de ulla, el calórico desprendido por la descomposicion de las piritas, llega algunas veces á tal punto y se combina de tal modo, que produce la combustion del mineral; la ulla arde y tienen que abandonarse los trabajos. En las minas de Zwickau en Sajonia se observa este fenómeno desde el tiempo de Agrícola; en el criadero de Sabrze en Silesia es muy frecuente el incendiarse la ulla.

Contra estos incendios naturales no hay otro medio que aislar el sitio en combustion, construyendo muros de mampostería que cierren herméticamente todas las avenidas á aquel punto. La ulla arde hasta consumir el ocsígeno contenido en el aire allí encerrado; y entonces se apaga por sí misma y se puede volver á escavar. Para evitar todo accidente lo mejor es no derribar los muros levantados, hasta pasados dos ó tres meses.

(*) Para poder apreciar mejor las variaciones de temperatura hizo construir térmometros en cuya escala, un grado centesimal era de una pulgada de longitud. De estos termómetros, todos ellos esactamente iguales, colocó hasta 62 en diferentes minas y á diferentes profundidades, teniendo cuidado de elegir sitios en cuyas inmediaciones no hubiese ninguna causa estraña que pudiese influir en la temperatura. Estuvieron colocados y observados durante dos años, y todos los gastos que con este motivo se originaron los pagaron las minas en que se hicieron las observaciones.

379. Lo mas horroroso en una mina es cuando se incendian sus enmaderaciones. Esta catástrofe se verifica, lo mismo que en la superficie, unas veces por descuidos y otras por mala fé de los operarios. En 1752 se incendiaron las minas de Almaden y estuvieron ardiendo cerca de dos años seguidos, sin poder hacerse dueños del fuego. Como que en aquel tiempo no habia en España cuerpo de ingenieros de minas ni cosa que se le asemejase, tuvieron que hacer venir uno de Alemania. Don Juan Martin Oppensac apagó el fuego, haciendo cerrar herméticamente las bocas de todos los pozos y socabones que ponian los subterráneos en comunicacion con la superficie. Oppensac quedó despues de director de aquellas labores, y á él se le deben muchas de las mejoras y buen órden que ecsisten en el establecimiento.

Durante el incendio de las minas de Almaden prosperó, como era consiguiente, la mina de Idria en Carniola, única de cinabrio que en el mundo pudiese competir algun tanto con la nuestra. Vendieron sus azogues como quisieron, é hicieron una labor de rapiña sin tener presente la conservacion de la mina: pero á su turno tambien esperimentaron los estragos del fuego en el año 1803.

Para apagar su incendio los de Idria, no encontraron otro remedio mas espeditivo que introducir dentro de los subterráneos el rio Nicona en cuerpo y alma. Inundaron los cuatro pisos inferiores en que se habia declarado el fuego, y para volverlos á desaguar necesitaron seis meses de trabajo improductivo, sin contar con las reparaciones que hubo que hacer por los destrozos que ocasionó el agua. La consecuencia de estos eventos y de algunas otras faltas, ha sido que, la mina de Idria se ha hundido el año pasado, y tan completamente, que ya no hay que pensar en rehabilitar aquellas labores. Primero que vuelvan á tropezar con el criadero en algun otro punto, tienen que gastar mucho dinero.

Digitized by Google

## §. 2.° *Ventilacion natural.*

380. De lo dicho en el párrafo anterior se infiere desde luego la necesidad que hay de establecer una corriente de aire dentro de los subterráneos, introduciendo el de la superficie y haciendo salir el corrompido ó maleficiado de las escavaciones. Esto se consigue por medio de la ventilacion bien sea *natural*, ó *artificial*: la acepcion de estas dos voces ya la hemos indicado (pág. 20.) El criadero de los Alpujarras, con sus benéficos soplados (327.) se puede atravesar subterráneamente sin tener que pensar en la ventilacion, pues ellos naturalmente la suministran completa.

381. El aire es un cuerpo que pesa. Su gravedad específica, cuando él se halla á cero de temperatura y bajo una presion correspondiente al nivel del mar, es $\frac{1}{700}$ de la del agua destilada y bajo las mismas circunstancias; es decir que, un pié cubico v. g. de aire atmosférico pesa 770 veces menos que un pié cúbico de agua destilada. El aire se dilata con el calor y se contrae con el frio, por consiguiente un cierto volúmen de aire caliente pesa menos que igual volúmen de aire menos caliente ó mas frio; y como el aire es al mismo tiempo un fluido de tanta movilidad, cuando se calienta tiende desde luego á subir á la parte superior, y cuando se enfria tiende á bajar á la parte inferior de la atmosféra ó de las capacidades que con ella se hallen en contacto; de donde resulta que, el aire atmosférico nunca se halla en reposo considerándolo en su totalidad. El aire dentro de los subterráneos á una profundidad mayor de 6—7 varas, conserva siempre una temperatura uniforme correspondiente á su profundidad (376.) y que viene á ser, para lo que nosotros nos podemos internar, la temperatura media de la atmósfera sobre la superficie de la tierra; de modo que, el aire de los subterráneos en el verano está mas frio y en el invierno mas caliente que el de la superficie.

En estos únicos principios está fundado todo el arte de la ventilacion natural, y parte de la ventilacion artificial de las minas.

Digitized by Google

382. Supongamos primero una galería AB, Fig. 164, que comunica á la superficie por medio de dos pozos BC, AD, cuyas bocas se hallan á un mismo nivel; vamos á ver lo que sucederá con el aire de este subterráneo en invierno, y lo que sucederá en el verano.

En el invierno, el aire del subterráneo estando mas caliente que el esterior y siendo por consiguiente mas ligero, tenderá á subir para colocarse en el lugar que le corresponde por su gravedad específica: pero, como las bocas de los dos pozos se hallan á un mismo nivel, el peso de la atmosféra egercerá igual presion sobre ambas, y habrá equilibrio; es decir que, no se establecerá corriente á menos que una causa estraña no venga á perturbar el reposo de la atmósfera. (*) Esta hemos dicho que rara vez se halla en reposo, luego en el subterráneo en cuestion se establecerá una corriente, entrando el aire esterior por un pozo y saliendo por el otro, segun por donde se decida primero la corriente.

En el verano por la inversa, el aire interior está mas frio y es por consiguiente mas pesado que el del esterior, es decir, que se halla en la disposicion que le corresponde por su gravedad específica, puesto que ocupa la parte mas baja. No se establecerá corriente, aun cuando la atmósfera esté en movimiento.

383. Si los dos pozos son desiguales esto es, que sus bocas estén á un mismo nivel, como en Fig. 165, vamos á ver lo que sucederá en invierno y lo que sucederá en verano.

Si consideramos en el pozo mas corto un tubo adicional CF que llegue al mismo nivel que la boca D del otro pozo, no se habrá cambiado en nada la cuestion, suponiendo que en este tubo ó parte adicional del pozo el aire se conserva á la temperatura del aire esterior ó de la atmósfera. Ahora bien, en los dos estremos D y F la presion atmosférica se equilibrará, por-

(*) La presion que ejercen los líquidos y los fluidos en general, es en razon de bases y alturas. Cuando dos tubos ó dos vasos se comunican, quiere decir que tienen una misma base; por consiguiente, en el caso presente, aun cuando los pozos tengan sus bocas desiguales, no por eso faltará el equilibrio.


Digitized by Google

que ambos puntos se hallan á un mismo nivel; con que solo tenemos que considerar el aire encerrado en el tubo DABF para saber cómo se establecerá la corriente.

En el invierno, el aire contenido en el pozo AD pesa menos que el contenido en el tubo BF, porque la parte CF está mas fria que el aire interior; luego no podrá haber equilibrio, y el aire entrará por CB y saldrá por AD: pero el aire esterior se calienta luego que entra en el subterráneo, por consiguiente se vuelve á perder el equilibrio, y la corriente no se interrumpe.

En el verano á la inversa; el aire en FC está mas caliente y pesa menos que el del subterráneo, por consiguiente la columna de aire BF pesa menos que la columna AD; el aire entrará por este pozo y saldrá por BC. Cuando el aire entra en el subterráneo se enfria, y la corriente continúa.

El mismo caso viene á ser, tanto para invierno como para verano, cuando es un socabon AB, Fig. 166, que sale á la superficie y comunica con un pozo AD. Y en general podemos decir que, «cuando una escavacion subterránea comunica con »la superficie por dos puntos que no se hallan á un mismo ni»vel, habrá siempre buena ventilacion; en el invierno el aire »esterior entrará por el punto mas bajo y saldrá por el mas »alto; y en el verano entrará por el punto mas alto y saldrá »por el mas bajo.»

384. De lo dicho se infiere desde luego que, cuando se trate de abrir un pozo con objeto de dar ventilacion á un subterráneo, se ha de escoger un punto que no esté al mismo nivel que el otro punto con quien se ha de corresponder en la superficie.

Si las bocas de los dos pozos se hallan á un mismo nivel bien sea porque la superficie del terreno lo esté, ó por otras circunstancias de conveniencia local; en ese caso, para establecer una buena ventilacion, tanto en invierno como en verano, bastará construir en una de las dos bocas una gran chimenea, con paredes bien gruesas para que la temperatura del aire esterior no influya en la del contenido en ella.

El hueco de esta chimenea debe ser prismático ó cilíndri-



Digitized by Google

co para que el aire pueda entrar y salir con igual facilidad; y la boca de la chimenea debe estar provista de una linterna-veleta, para que los vientos no influyan en la ventilacion.

335. Si en lugar de haber solo una galería, como hemos supuesto por caso mas sencillo, hubiese diversidad y complicacion de labores, entonces ya será mas dificil el hacer que la corriente de aire recorra todas las escavaciones. La dificultad está, principalmente en el verano, en que el aire fresco recorra las escavaciones mas profundas, sobre todo si en ellas se desprenden gases ó vapores que sean mas pesados que el aire atmosférico. La ventilacion toma naturalmente el camino mas corto, y el aire de las profundidades no se renueva.

Hay ademas otra circunstancia que tener presente y es: si las escavaciones son de mucha estension, y que en ellas trabaja mucha gente ó bien hay otra causa que inficione su atmósfera, puede muy bien suceder y sucede efectivamente que el aire que entra por el pozo *alimenticio*, no sea en cantidad suficiente para purificar todo el contenido en los subterráneos. En este caso habrá que economizar el aire introducido, no haciéndolo pasar sino por aquellos parages en que su presencia sea mas necesaria, tal como los sitios que se hallen en actividad de labores, y las galerías y pozos en que haya emmaderaciones que sea necesario conservar. Las labores antigüas ya abandonadas deberán tabicarse para que, el aire no circule por ellas y se consuma inútilmente.

336. Para dirigir la ventilacion por los sitios requeridos bastará levantar muros ó tabiques que corten la comunicacion con los puntos donde no sea necesaria; pero como esta necesidad puede variar de un momento á otro segun la marcha que tengan las labores, seria preciso derribar y levantar muros á cada instante. Lo que se hace es, poner en cada uno de estos muros una puerta de madera, que se deja abierta ó cerrada, segun que el aire haya de pasar ó no por aquel punto.

Todas las *cortaduras* del pozo maestro de una mina, es decir, los boquetes de las galerías que comunican con él, deben

Digitized by Google

estar provistos de semejantes muros con su respectiva puerta: pero no hay precision de construir el muro precisamente en la cortadura, antes al contrario, conviene colocarlo á cierta distancia para no embarazar la comunicacion con el pozo en la estraccion de minerales é introduccion de materiales.

387. Para trazar el curso de la ventilacion de una mina, y poder determinar los puntos en que se deben poner puertas y tabiques, es indispensable tener á la vista un dibujo bien esacto y bien detallado de todos los subterráneos. Tal vez puede haber un práctico, tan práctico que retenga simultáneamente en la memoria todos los rincones y encrucijadas de una mina por complicada y estensa que ella sea, y que por consiguiente no necesite de dibujo para manejar la ventilacion; pero tales hombres son muy raros, y sobre todo, como que regularmente estos practicones nunca llegan á ser gefes de un establecimiento, no se trata solo de que ellos comprendan cual debe ser el curso de la ventilacion, sino que es preciso se lo hagan comprender al que ha de mandar establecerlo.

388. Sucede muchas veces que, en las mismas galerías de tránsito hay necesidad de colocar una puerta que, estará abierta ó cerrada segun la estacion y segun sea el sitio á donde se dirija la ventilacion. Es claro que todas estas puertas estan en combinacion unas con otras, por consiguiente, cuando se pasa por una de ellas sea en pozo ó en galería, debe dejarse abierta ó cerrada, segun se encuentre, pues con solo alterar una bastaria para desordenar la ventilacion de toda la mina.

En el distrito de Freiberg está tan bien entendida esta parte de la ventilacion que, basta variar la posicion de una puerta para que, al momento se establezca una corriente de aire tan rápida que apaga los candiles, ó bien el aire se acumula y se comprime hasta el punto de sofocar la respiracion.

Ahora se entenderá la razon de poner las puertas que hemos dicho (312) en los boquetes de los pozos de bajada.

389. La ventilacion de los subterráneos es mas fácil de conseguir en los paises frios que no en los cálidos. En Almaden, v. g. se reunen las dos circunstancias de pais cálido, y produc-

cion de vapor mercurial que es mas pesado que el aire atmosférico. Ademas, en razon á la gran potencia de aquellas vetas, en las épocas de actividad de labores se acumula mucha gente en poca estension de terreno; la buena ventilacion es por consiguiente allí muy dificil, pero por la misma razon debe estudiarse mejor y con mas esmero; y tanto mas, cuanto los malos efectos sobre la salud de los operarios son mayores que en ninguna otra mina del mundo.

En Almaden no quieren, y con mucha razon, que el aire de la mina salga nunca por el pozo maestro, porque, los vapores mercuriales atacan atrozmente á las caballerías que ponen en movimiento la máquina de estraccion, y á los operarios que en aquellas inmediaciones son indispensables. Esta es una condicion que complica todavía mas la cuestion, pero no por eso deja de poderse resolver.

En otras minas no es inconveniente el que el aire de ella salga por el pozo maestro. Lo mas que hacen es embrear los cables y el maderamen que se hallan á la influencia del mal aire, para que este no les haga impresion.

390. Tal vez se podrá decir que debiamos haber empezado á tratar de la ventilacion considerando como ella se establece en escavaciones aisladas, y de allí pasar despues á cuando hay varias escavaciones que se unen y ramifican unas con otras; pero á mí me parece que el caso que hemos presentado (382.), es el mas sencillo y mas fácil de comprender. Pasemos pues á considerar una escavacion sola, y empecemos por los pozos.

En un pozo vertical se establece desde luego una corriente de aire del modo siguiente. El aire dentro del pozo que se halla en contacto con sus paredes, toma la temperatura de *ellas* que, como sabemos no es la misma que la del esterior; pero esta temperatura de las paredes ó roca no se comunica instantáneamente á toda la masa de aire introducida, y en el centro, ó mas bien en el eje del pozo queda una columna de aire á la misma temperatura que el del esterior, es decir que, dentro del pozo tiene el aire dos diferentes temperaturas; por consiguiente, se establecerá desde luego una corriente como indican

Digitized by Google

las flechas de la Fig. 167. En el verano, como que la roca está mas fria que la atmósfera, el aire bajará por junto á las paredes y saldrá por el centro del pozo; en el invierno será á la inversa.

Si el pozo llega á tener mucha profundidad, ya entonces el aire contenido, tanto el de junto á las paredes como el del centro, habrá tomado la temperatura del interior y no habrá corriente, mucho menos en el verano. La profundidad á que cesa la ventilacion espontánea en un pozo vertical, dependerá esencialmente de su anchura, es decir que cuanto mas ancho sea, mas abajo llegará la corriente; pero no sé que se hayan hecho observaciones para determinar esta relacion.

391. En las galerías horizontales se establecerá tambien la ventilacion de un modo semejante. En el invierno, el aire esterior siendo mas pesado ocupará la parte inferior junto al suelo de la galería; el aire interior correrá y saldrá por el cielo de ella. En el verano será á la inversa, Fig. 168.

La longitud á que se puede ir en una galería sin que cese ésta corriente, tampoco es indefinida; pero es de mas consideracion que en un pozo.

392. De todo lo espuesto se infiere claramente que, cuando el aire no tiene un camino diferente para la entrada que para la salida, y que las dos corrientes se hallan por consiguiente en contacto una con otra, el nivel calorífero se establece entre ellas á una cierta distancia, y la ventilacion no puede internarse mucho en el subterráneo.

Cuando el subterráneo en que esto se verifica es un socabon, ó una galería cualquiera, lo mas directo y lo mas seguro es abrir un pozo que la ponga en comunicacion bien sea con la superficie, ó bien con otras escavaciones ya ventiladas. Si estos pozos salen á la superficie y no tienen otro objeto que establecer una corriente de aire, se llaman *lumbreras*; cuando no salen del interior de los subterráneos se llaman simplemente *pozos de ventilacion*. Estos últimos rara vez se hacen para solo este objeto; con un poco mas de gasto pueden servir para comunicacion ó tránsito, y aun para estraccion de mineral; de mo-

Digitized by Google

do que, cuando haya necesidad de abrir un pozo interior para ventilar algun sitio de la mina, se debe procurar colocarlo en parage que pueda servir al mismo tiempo para los otros objetos.

393. Las lumbreras no necesitan tener mucho diámetro; si su longitud no ha de ser grande, bastará hacerlas con la barrena de montaña ordinaria; pero si han de profundizar mas de 15—20 varas, habrá que darles un diámetro algo mayor.

El inconveniente que hay para abrir, con otra herramienta que la barrena, una lumbrera de poca anchura es que, el operario necesita precisamente un cierto espacio para poder trabajar; con menos de 2 pies de diámetro no puede revolverse un hombre. En las labores romanas de Rio-tinto se conservan todavía algunas lumbreras que apenas se concibe como fueron abiertas, no solo en razon de sus pequeñas dimensiones, sino por lo liso y bien tallado de sus paredes en roca dura y compacta. Los romanos debian usar una herramienta á modo de un barron, terminado en una especie de lanza, por el estilo de las rejas de nuestros arados (*) con cuya herramienta picarian en el suelo estando el operario de pie derecho; pero en las lumbreras de Rio-tinto á que me refiero, se conocen todavía en sus paredes las impresiones de la boca del cincel ó piquetilla.

Prescindiendo de que algunas veces puede ser muy costosa la apertura de una lumbrera ó de un pozo de ventilacion, tampoco es cosa de ir multiplicando pozos á medida que van avanzando las galerías, y por consiguiente habrá que recurrir á otros medios para establecer en ellas la ventilacion necesaria.

394. Los *compartimentos ó diafragmas* son unos muros ó tabiques, que pueden hacerse de mampostería, ó de tablas bien ajustadas unas con otras. Con estos compartimentos se divide en dos partes toda la longitud de la galería, construyéndolos verticalmente ú horizontalmente segun convenga, y segun sean

(*) Se han encontrado semejantes herramientas en algunas minas antiguas de España, y aun creo que en Rio-tinto mismo.

Digitized by Google

las dimensiones de la anchura de la escavacion; resultando de este modo, que por el un espacio entra y por el otro sale el aire, segun sea la estacion.

395. En los caños de desagüe, cuando ellos sirven al mismo tiempo de socabon de entrada (385), el piso para el tránsito llena desde luego este objeto; y por lo tanto debe hacerse bien unido y ajustado para que el aire no pase á través. El agua contribuye ademas por sí sola á la buena ventilacion, no solo en razon de su corriente que arrastra tras sí el aire en contacto, sino tambien por su temperatura que, por lo general es algo mas baja que la de las rocas con que se halla en contacto. De aqui se infiere que, cuando se trate de ordenar la ventilacion de una mina, deberán tenerse en consideracion las corrientes y caidas de agua que en ella puedan ecsistir, para que, en lugar de perjudicar contribuyan al objeto.

Si se quiere aprovechar el caño de desagüe, así dispuesto, para ventilar otras escavaciones, no habrá mas que ponerlas en comunicacion independiente con la parte superior é inferior en que se halla dividido el caño por el piso del tránsito.

396. Para establecer una corriente mas decidida con arreglo á los principios espuestos, se prolongará el diafragma ó suelo artificial AB, Fig. 169, unas cuantas varas fuera de la boca del socabon, y en la parte superior de esta se construye un cañon de chimenea C; de este modo el desnivel ó diferencia de alturas de la entrada y salida del aire en C y en D, se aumenta todo cuanto se quiere.

Desde luego se deja conocer la necesidad de colocar una puerta *a* en la parte superior de la entrada del socabon, cuya puerta debe cerrar tras sí todo el que entre en la mina.

397. Si la escavacion no es bastante espaciosa para cortarla con un diafragma, basta poner un tubo cilíndrico ó una canal prismática de madera, que se estienda en toda la longitud que se trata de ventilar. El aire contenido dentro de este tubo ventilador, no hallándose en contacto en el del resto de la escavacion, tiene una temperatura diferente, y por consiguiente produce una corriente.

Digitized by Google

A estos tubos se les da de 6—8 pulgadas de diámetro interior, y se colocan junto al techo de la galería para que por él salga el aire corrompido de la mina que siempre está mas caliente. Si dentro de la escavacion se produce gas áccido carbónico, en ese caso el tubo ventilador deberá colocarse en el suelo, porque dicho gas es mas pesado que el aire atmosférico.

En los barcos de vapor, las calderas de la máquina tienen que estar debajo de escotilla, y resulta que, por muy bien construidas que esten las hornillas, la temperatura de aquel departamento está siempre sumamente elevada, con perjuicio de la salud de los atizadores, maquinistas y demas operarios indispensables. Para remediar á este inconveniente, colocan verticalmente una manga de lienzo de un pié de diámetro sobre poco mas ó menos, y con unos cuantos aros de madera para que se conserve abierta y en forma cilíndrica; esta manga sale hasta encima de cubierta por un ahugero ó boquete de mayor diámetro que ella, y la corriente se establece desde luego. Las *mangas ventiladoras* tienen igualmente muy buena aplicacion en los subterráneos.

398. En los pozos de estraccion que sirven al mismo tiempo para la bajada se hace como hemos dicho (309) una separacion para resguardar la gente que transita por ella; si esta separacion es un muro formal, de tablas ó de mampostería, proporcionará la ventilacion del pozo, y aun de toda la mina, sin necesidad de tener otra boca de correspondencia á la superficie; será un diafragma vertical.

No habiendo inconveniente en que el aire de la mina salga ó entre por el boquete de estraccion, basta elevar este con un pretil de fábrica ó de madera, para que su boca se halle mas alta que la del boquete de bajada, y que por consiguiente se establezca una corriente. Asi se halla practicado en muchas minas de Sajonia.

399. Para concluir esta parte de la ventilacion natural, pondremos un ejemplo del modo de dirigir la marcha del aire en un subterráneo con arreglo á los principios espuestos.

Supongámos que la Fig. 170, representa el corte ó perfil de

Digitized by Google

las labores hechas en un filon, cuyo segundo piso CD es el que nos interesa tener bien ventilado, y no tiene mas estension que la indicada en la figura. Tanto la galería fundamental FG, como la primera galería LH, se estienden mas, pero no se trabaja en ellas. Las labores E se han abandonado porque daban mineral pobre; y por último, supongamos que, la boca del pozo A se halla mas baja que la del pozo B.

Es claro que para ventilar en su totalidad la galería CD, lo mejor será dar al aire la marcha que indican las flechas, y para esto será preciso poner puertas en los puntos *a*, *b*, *d*, *m*, *f*, *e*, *g*, *h*, *c*; pues con una de ellas que faltase, ó no se conseguiria el objeto, ó se desperdiciaria aire.

Por la direccion que tienen las flechas se vé tambien que, la ventilacion marcada es la de invierno, y que en esta estacion, el estremo D de la última galería se ventila bien, pero en el estremo C habrá sus dificultades. En el verano sucederá todo lo contrario.

## §. 3.° *Ventilacion artificial.*

460. Todas las disposiciones que hemos descrito en el párrafo anterior, no son siempre suficientes para dar una buena ventilacion á los subterráneos sobre todo, cuando el mineral es tal que se pulveriza con facilidad, y sus partículas pueden sobrenadar en una atmósfera densa; ó bien cuando por el efecto de la demasiada gente, ó por la naturaleza misma del criadero, se produce gran cantidad de áccido carbónico, que se queda en el fondo de las escavaciones y no entra facilmente en circulacion. En estos casos, hay que recurrir á ciertas máquinas para establecer una ventilacion artificial.

Estas máquinas pueden ser de aspiracion, es decir, que estraigan el aire corrompido de la mina, el cual será naturalmente reemplazado por aire puro que vendrá de la superficie; y podrán ser de immersion, esto es, que introduzcan aire puro en los subterráneos para suministrar ocsígeno á los hombres y á las luces, pero sin hacer salir el maleficiado.



Digitized by Google

Cuasi todas las máquinas puestas en uso para la ventilacion, pueden llenar ambos objetos segun que, el tubo que viene desde el punto que se trata de ventilar, se aplique á la boca de aspiracion de la máquina, ó á su boca de salida: pero siempre será preferible el hacerlas aspirantes; primero, porque pueden obrar á mayor distancia, y segundo porque, introduciendo aire puro sin estraer el mefítico, no se hace otra cosa que neutralizar el efecto de este, pero no se evitan enteramente sus malas consecuencias.

401. Desde luego se vé que una máquina de ventilacion, cuando se trate de aspirar el aire, estará fundada en los mismos principios que una máquina pneumática; y cuando se quiera introducir aire tendremos una máquina de compresion. Todo ello estará reducido á un cilindro ó cuerpo de bomba con una válvula en su estremo, y dentro de cuyo cilindro corra un piston provisto de otra válvula. Segun sea la disposicion de estas dos válvulas, esto es, segun sea el sentido en que se abran, asi se estraerá ó se introducirá aire.

402. La máquina al parecer mas sencilla y que primero se ocurre para llenar este objeto, es un fuelle ordinario de dimensiones algo grandes. Si el tubo ventilador se aplica á la válvula del fuelle, el movimiento de este estraerá el aire del subterráneo; si dicho tubo se aplica al pico de la tobera, el movimiento del fuelle introducirá aire.

El efecto de un fuelle es muy pequeño; se necesitarian colocar muchos fuelles, y en ese caso la máquina para ponerlos en movimiento seria muy complicada; en una palabra, no es máquina que se usa para ventilar los subterráneos; hay otras que llenan mejor este objeto.

403. *El ventilador del Harz*, Fig. 171, llamado asi porque es bastante usado en aquel pais, aunque los sajones pretenden haberlo conocido primero que ellos, se reduce á un vaso cilíndrico A, fijo y lleno de agua hasta una cierta altura, dentro del cual entra holgadamente otro vaso B, cuya boca está hácia abajo. El vaso esterior está atravesado por un tubo EF del cual el un estremo vá á parar hasta el punto que se trata de venti-

Digitized by Google

lar, y el otro estremo sale un poco sobre el nivel del agua interior, y está provisto de una válvula *e* que se abre hácia arriba. El vaso interior está sujeto al estremo de un tirante D, por medio del cual una máquina comunica á dicho vaso un movimiento de sube y baja. Este vaso interior está ademas provisto de una válvula *a* en su base superior, y que se abre igualmente hácia arriba.

El efecto de este ventilador es fácil de comprender. Cuando el vaso interior sube, tiende á formarse un vacío en su capacidad; la válvula *a* se cierra, la válvula *e* se abre, y el aire de la mina viene á reemplazar el vacío. Cuando el vaso interior baja, la válvula *e* se cierra, la válvula *a* se abre, y deja pasar el aire que antes ha subido; y en cada marcha del vaso interior se estrae de la mina una cantidad de aire igual á la capacidad de este vaso.

El objeto del agua es para que, el aire que se saca de la mina no tenga con el aire esterior otra comunicacion mas que la de la válvula, sin cuya circunstancia no habria efecto. El nivel del agua *c* dentro del vaso interior durante su descenso está mas bajo que el nivel *b* en el hueco ú holgura de ambos vasos, porque entonces el aire del vaso interior está algo comprimido.

En la mina de *Bergwerks-Wohlfahrt* abierta en el rico filon *Silbernadler* junto á Clausthal, hay dos ventiladores de esta especie establecidos en el pozo maestro á 72 lachter ó sean 165 varas de profundidad, y cuyos tubos ventiladores bajan á mas de otro tanto, para de allí ser continuados al punto donde es necesaria su accion. El diámetro del vaso interior es de tres pies, su altura 5 pies, la holgura entre ambos vasos es de 1 pulg. en toda la circunferencia; la marcha de los vasos interiores es de tres pies, y se verifica por medio de dos tirantes que suben hasta la rueda hidráulica que pone en movimiento á la máquina de estraccion del mineral.

Como que dichos ventiladores se hallan colocados en el boquete de bajada, por él tiene precisamente que salir el aire corrompido que absorben aquellos; resultando la impresion



Digitized by Google

mas desagradable que se puede imaginar, hasta que no se ha pasado de los dichosos ventiladores. Tambien se recibe ademas otra impresion poco agradable, por el ruido espantoso que produce el aire al salir por las válvulas superiores.

404. El ventilador llamado de *tambor*, es tambien de un uso muy general y muy antiguo, sobre todo en las minas de Ungría. Lo esencial de su disposicion la hemos representado por medio de dos cortes ó secciones en la Fig. 172, y una vista en perspectiva en Fig. 173.

Como se vé, está reducido á un tambor ó cilindro de madera cuyo diámetro suele ser de unas dos varas, y su altura ó llanta de media vara. Este tambor está establecido de un modo fijo, y se halla atravesado por un eje *bc* en posicion horizontal, y con sus correspondientes manivelas para hacerlo girar. En el eje hay sujetas 6—8 paletas *a*, que ajustan con bastante holgura en el interior del cilindro, y son las que, en la rotacion comunican su movimiento al aire. En un punto cualquiera de la superficie del cilindro ó llanta del tambor, hay una abertura C, á la cual está adaptado un pequeño tubo ó canal CA. En la parte lateral, es decir, en una de las bases del cilindro y junto á su eje hay otro ahujero B.

Cuando por medio de las manivelas se pone en movimiento el eje y por consiguiente las paletas, estas comunican al aire contenido un movimiento de rotacion, en virtud del cual adquiere una fuerza centrífuga que lo impele y acumula contra la circunferencia ó superficie cilíndrica; y encontrando en esta una abertura, sale el aire por la boca A. Pero al mismo tiempo se forma un vacío ó rarefaccion de aire en las inmediaciones del eje, y la presion atmosférica hace que el aire esterior entre por la abertura B para ser despues arrojado por la boca A; y esta corriente no cesa por consiguiente mientras las aspas esten en movimiento. Ahora bien, si á la abertura B se adapta un tubo ventilador que se prolongue hasta los subterráneos, el aire de estos se verá forzado á salir por la boca A.

405. Este ventilador es debido al célebre Desaguillers, que lo inventó y estableció en 1640 para ventilar la cámara de los

Digitized by Google

comunes de Londres, y fué cosa que sorprendió á todo el mundo. Siendo de las dimensiones dichas, basta la accion de un muchacho para ponerlo en movimiento; pero, si se le quiere dar una gran velocidad, habrá que aumentar la fuerza motriz. En la mina de *Seegen Gottes* cerca de Annaberg en Sajonia, el ventilador está movido por una pequeña rueda hidráulica.

406. Este aparato se emplea tambien como fuelle muy ventajosamente en las fundiciones. No hay mas que prolongar el tubo CA hasta el horno, y hacerlo terminar en una tobera, por la cual saldrá todo el aire que se quiera, segun la velocidad que se haga tomar á las paletas.

407. La *trompa hidráulica ó roncadera* es máquina muy conocida en España, sobre todo en las ferrerías de Navarra y de las provincias vascongadas. Puede tener buena aplicacion para la ventilacion de las minas, y se halla establecida en algunas de Ungría; pero tiene el inconveniente que exige una cierta cantidad de agua y con bastante caida; y sobre todo, es máquina impelente, y no se puede aplicar á aspirar el aire de los subterráneos. Su mejor servicio es como fuelle para los hornos de fundicion. Por todas estas razones no entraremos en hacer su descripcion, y nos contentaremos con decir que suelen variar algo en su forma y dimensiones. La que nos ha parecido mejor, es la descrita por los SS. Thibaud y Tardy en los anales de minas de Francia, 3 me Serie. T. 8. en 1823.

408. Otro aparato muy usado en las minas para poner el aire en circulacion es, valiéndose del fuego. En toda clase de hornos, hasta en el fogon de una cocina, vemos que se establece una corriente de aire que, entraando por el cenicero sale por la chimenea; y asi, cuando esta es muy alta, y que el todo está bien acondicionado, se acostumbra á decir, este horno tiene mucho tiro. La causa de este fenómeno no es otra, sino la grandísima diferencia de temperatura que ecsiste entre el aire que rodea al hogar, y el aire esterior; y como el aire dilatado tiende á subir para colocarse en el sitio correspondiente á su gravedad específica, tiene que salir precisamente por la chimenea.

Digitized by Google

La ventilacion de los subterráneos por medio del fuego se reduce simplemente al establecimiento de un horno, cuyo cenicero se halle en comunicacion directa con el parage que se quiere ventilar, y cuya chimenea lo está con el aire libre esterior. Este horno, á la inversa que la trompa hidráulica, solo sirve para aspirar el aire de los subterráneos, y por consiguiente su establecimiento puede ser muy ventajoso y muy económico.

409. Estos hornos se construyen regularmente en la superficie, sobre la boca del pozo por donde se quiere hacer salir el aire, y su disposicion es la representada en Fig. 174.

A es el pozo, y B es el horno con su correspondiente chimenea. A unos 3–4 pies de altura sobre la boca del pozo ó nivel de la superficie, hay construido un diafragma *b*, que es el que sirve de hogar en donde se coloca el fuego; y una parte *a* de este hogar está formado por barras de hierro, algo separadas entre sí para que el aire pueda pasar á través, y esta es su única salida. El aire en B se rarifica, y el aire del pozo A sube á reemplazarlo, llamando hácia sí el de los subterráneos inferiores que por este medio se ventilarán.

Para economía en el gasto de combustible, y para evitar que el fuego caiga dentro del pozo y cause algun accidente, está el cenicero *c* debajo de la rejilla. En la pared del horno hay dos bocas *d* y *e*, con sus correspondientes puertas de hierro: la primera sirve para alimentar de combustible al hogar, la segunda para limpiar y desembarazar el cenicero.

410. El horno puede tambien estar sobre el terreno de la superficie, á un lado de la boca del pozo ó lumbrera, como se representa en Fig. 175. En este caso hay que poner el cenicero del horno en comunicacion con el pozo por medio de un tubo *b*. No necesitará diafragma, ó por mejor decir, todo el diafragma estará hecho rejilla. Por lo demas, tendrá sus dos portezuelas *d* y *e* como el otro horno, y la boca del pozo A estará completamente cerrada para que, el aire que sube de la mina se vea precisado á ir al cenicero pasando por el tubo *b*.

Cuanto mas alta sea la chimenea tanto mejor se establecerá

Digitized by Google

el tiro; y sus paredes deben ser bastante gruesas para que, la temperatura del aire dentro de ella no se iguale ó equilibre con la del aire esterior. Para llenar mejor este objeto, es bueno poner dentro de la mampostería una capa de carbon molido que circunde á toda la chimenea, porque el carbon es una sustancia que conduce mal el calor.

411. Las dimensiones de estos hornos ventiladores varían segun la clase de combustible que en ellos se emplee. Si es ulla ó carbon mineral, bastará darle 2 pies en cuadro ó de diámetro; pero si se ha de alimentar con leña entonces será preciso darle el doble cuando menos.

Segun los esperimentos de M. Communeau, la combustion de 2 lib. de ulla en un horno de esta especie, hace salir de la mina 268 lib. de aire.

412. Tambien puede establecerse el horno dentro del pozo, Fig. 176. Quiere decir que entonces la parte B del pozo correspondiente encima del horno, hace el oficio de chimenea, y queda inutilizada para el tránsito; por lo demas, la misma disposicion que el descrito núm. 409. Su diafragma *b* con su correspondiente rejilla en *a*, y su cenicero en *c* para que no caiga el fuego á los subterráneos. Las puertas *d* y *e* del hogar y del cenicero deben corresponder à una galería C de la mina, pues de lo contrario no se podria hacer uso de ellas.

413. Esta ventilacion por el fuego puede ser tanto mas ventajosa cuanto que, por lo general en toda mina hay mucho desperdicio de tablas y de toda clase de madera, que se puede utilizar como combustible; y como por otra parte, su principal objeto es obligar al aire á que salga siempre por un mismo punto, no habrá que tenerla en actividad mas que durante una de las dos estaciones del año, en invierno ó en verano.

La ventilacion general de una mina, si hay buenos ingenieros que la dirijan, debe ser por ventilacion natural; la ventilacion artificial debe aplicarse solo para localidades determinadas de los subterráneos, y mientras ellas no se pongan en doble comunicacion con el resto de las labores. Justamente á esto es á lo que no se presta bien la ventilacion por el fuego,

Digitized by Google

porque para establecerla es menester cerrar todos los boquetes que puedan impedir la comunicacion única y directa desde el horno hasta el sitio que se quiere ventilar; y esto no será siempre ni muy cómodo ni muy fácil de egecutar. En resumen, la ventilacion por el fuego, aunque muy puesta en uso, no hablará en favor del ingeniero que la ha establecido, sino en casos muy particulares, ó cuando los empresarios de la mina (sea el gobierno ó sean particulares) no quieran entrar en ciertos gastos.

414. Todos los aparatos ventilatorios que llevamos descritos, tienen por objeto el sanear los subterráneos y establecer en ellos una corriente de aire constante, cuando menos durante todo el tiempo que hayan de permanecer allí los operarios; pero ademas se han querido inventar otros aparatos para hacer que los mineros puedan transitar, y aun trabajar, en una atmósfera maléfica sin necesidad de purificarla; y para esto dicen que sirven los *ventiladores portátiles*.

Estos ventiladores portátiles son muy buenos en teoría, muy apropósito para entretener al público en un gabinete de física recreativa, pero nada mas. Algunos de ellos han sido propuestos por personas de un mérito distinguido, ó por lo menos que tienen fama de tales, pero que se conoce han bajado poco á las minas, ó si han bajado alguna vez ha sido de pura ceremonia y rodeados de mucho boato y con gran acompañamiento; no han bajado seguramente con el pedazo de pan y la limeta de aguardiente en el bolsillo, para almorzar dentro de la mina; ni se han arrastrado por el suelo, ni han tenido que estar las horas enteras descalzos de pie y pierna, con el agua hasta la rodilla haciendo mediciones.

En prueba de nuestra asercion diremos únicamente que, los ventiladores portátiles vienen á reducirse á una vasija llena de aire atmosférico puro, y que el individuo tiene que llevar consigo bien sea á la espalda á modo de mochila, bien sea en un carrito que arrastra tras sí. De este depósito ó repuesto de aire respirable sale un tubo de goma elástica si se quiere, que va á ajustarse por medio de un bozal, en la boca ó en la nariz del

Digitized by Google

individuo, y para hacer que aquel aire entre y salga de los pulmones, es preciso un ejercicio y una práctica que no se adquiere con facilidad. Yo quisiera preguntar, ¿qué clase de trabajo puede desplegar un hombre embarazado con este aparato? y si se equivoca en el modo aspirar, ¿de qué le sirve el aparato? Ademas, si el aire no es respirable tampoco sirve para la combustion, las luces se apagarán, y á obscuras no se puede trabajar. Lo cierto es que en ninguno de los muchos establecimientos mineros que he tenido ocasion de visitar, he visto en uso semejantes ventiladores portátiles, y eso que he estado en puntos donde se han inventado algunos de ellos. Solo los he visto en dibujo, ó como modelo en algun gabinete.

415. Tal vez se dirá que el ventilador portátil tiene buena aplicacion para entrar á socorrer á un operario que haya caido en un parage infectado; pero tampoco. El ventilador no puede estar alli á la mano, es menester ir á buscarlo; tambien será muy casual el que en aquel momento se encuentre allí inmediato un operario que sepa manejarse con el ventilador, y aun cuando dé esta casualidad es preciso que arregle el aparato y se ponga el bozal; en todo esto se pasa tiempo, los gases deletereos hacen su efecto, y para cuando se saca al desgraciado operario ya está muerto.

El medio mas eficaz y mas probado contra semejantes accidentes es el *cloruro de cal*. Se puede emplear disuelto en agua, ó bien seco en estado pulverulento Como esta sal química, tiene la propiedad de absorver repentinamente cuasi toda especie de gases deletereos y desenvolver ocsígeno, si se estiende una cantidad proporcionada de ella en el parage infectado, resulta una atmósfera respirable durante un cierto tiempo, que se aprovecha para entrar á socorrer al *asficsiado*. El que va á prestar este auxilio puede tambien lavarse ó por mejor decir humedecerse los brazos, manos y cara con un agua clorurada, y ademas llevar colgado al cuello un saquito lleno de cloruro en polvo. Por consiguiente en las minas en que haya sitios mal ventilados y que en ellos se desenvuelvan gases deletereos, se debe aconsejar un repuesto ó provision de clo-

ruro de cal ; y si se tiene dentro de la mina, mejor.

416. Tambien es interesante para los mineros el saber que un asficsiado puede aparecer como muerto durante mucho tiempo, sin estarlo ; pero que al fin se muere efectivamente sin dar muestras esteriores de ello, sino se le socorre como es debido. Los ausilios que se le deben suministrar son los siguientes:

1.° Desnudarlo y esponerlo á un aire libre y bien puro.

2.° Rociarle todo el cuerpo, y en particular el rostro, con agua bien fria.

3.° Procurar hacerle tragar si es posible, un poco de agua fresca ligeramente accidulada con vinagre.

4.° Lavativas de agua fresca con una tercera parte de vinagre ; y en seguida otras lavativas de salmuera.

5.° Irritar la membrana de la nariz con una plumita, ó bien aplicando un frasquito de alcalí-volátil ; pero en este caso es menester tener cuidado de retirar el alcalí en el momento que se siente respirar al enfermo, pues de lo contrario le podria ser perjudicial.

6.° Introducirle aire en los pulmones soplando por un tubo aplicado á la nariz.

7.° Si el cuerpo del asficsiado conserva todavía calor, y que los ausilios dichos no han sido suficientes para hacerle respirar, habrá que recurrir á la sangría en el pie, mas ó menos abundante segun lo indique el estado del rostro.

## §. 4.° *Del aseo y policia en el interior de los subterraneos.*

417. Desde luego se concibe cuán interesante será el que dentro de los subterráneos haya el mayor aseo, para que no se desenvuelvan mas gases que los producidos por los pulmones y por las luces. Las maderas viejas, las espuertas y todo los destrozos de sustancias vegetales y animales que se dejan abandonados en los subterráneos, entran bien pronto en corrup-

Digitized by Google

cion y contribuyen á inficionar el aire; pero sobre todo lo que mas lo inficiona es el desahogo natural de los cuerpos humanos.

Para este objeto deben destinarse sitios donde vayan á desahogarse los mineros, castigando con la mayor severidad la menor contravencion sobre este punto. Si hay caño de desagüe este será el sitio marcado, pero con la precision de echarlo al agua; si no hay caño de desagüe, en ese caso se destinará un sitio retirado de la mina, prefiriendo para ello las labores antiguas ya abandonadas, pero que se hallen en buena conservacion para la seguridad de los que entren en ellas. En dichos sitios se echará cal de tiempo en tiempo, o bien escombros, para recubrir aquel foco de corrupcion: mejor sería poner tinas mediadas de agua, y estraerla fuera de la mina cuando ella estuviese saturada.

Si para un campamento militar que está al aire libre, previene la ordenanza tantas precauciones en el establecimiento y órden de la limpieza, con cuánta mas razon no se deberán tomar en las escavaciones subterráneas, en que la circulacion del aire se obtiene á fuerza de arte la mayor parte de las veces? Es preciso inculcar estas reflecsiones en las cabezas de los mineros, y ser inecsorables en las penas consiguientes, tanto mas, cuanto que es mas dificil cogerlos infraganti; porque, en apagando su candil ya nadie los vé, y se pueden poner en cualquiera parte.

418. Como que el general de los mineros no suelen vivir en las immediaciones de la boca-mina, y que por otra parte, antes de hacer su entrada se entretiene bastante tiempo en pasar lista y señalar á cada uno su sitio de trabajo; resulta que ellos pasan muchas horas fuera de sus casas, y no se puede ecsigir que todos tengan sus cuerpos tan arreglados, que no tengan necesidad durante este tiempo. Por esta razon, en las inmediaciones de toda boca mina, sea pozo ó socabon, deben establecerse lugares privados cómodos y aseados, y mas ó menos espaciosos segun el número de trabajadores que tenga la mina.

419. Todas las galerías y en general todas las escavaciones deben estar desembarazadas, limpias y barridas como el ...



Digitized by Google

trado de una casa particular. Los materiales y utensilios que en ellas hayan de ecsistir, deben quedar colocados en el mejor órden cuando sale la gente de una entrada, y lo mismo el mineral arrancado durante esta por picadores y barreneros. Este es un principio general y fundamental para toda clase de industria fabril.

Tenemos que confesar, á pesar nuestro que, en las minas de España no se tiene muy presente este principio de salubridad pública, y por eso recalcamos tanto sobre ello. En las minas de Alemania que he visitado, no he encontrado ni siquiera una vez, nada que fuese digno de reprenderse sobre este particular.

420. Los mayores delitos que puede cometer un minero dentro de los subterráneos, fuera de aquellos que la ley marca para todos los hombres en sociedad, son: 1.° falta de subordinacion y respeto á sus respectivos gefes y superiores: 2.° interrumpir ó variar la marcha de la corriente del aire y del agua; bien sea esta la del desagüe, ó bien la dirijida al movimiento de las máquinas: 3.° Quitar ó alterar las marcas que el *geómetra* ó ingeniero ha puesto para el trazado de sus planos: 4.° Hacer una suciedad en cualqüiera punto del tránsito general de la gente.

421. Para reprimir estos desórdenes se puede echar mano de varios castigos. En primer lugar, como á todo operario, se le puede retener el todo, ó parte de su haber devengado en la semana ó en la quincena. Se le puede dejar arrestado dentro de la mina, ó encerrado en algun trozo de escavacion; y si el delito es mayor, no suministrarle mas que pan y agua y tenerlo sin luz durante algunos dias; y por último, si es incorregible despedirlo del trabajo despues de haberle hecho sufrir su pena.

Y no hay que tener miedo á las sublevaciones de la gente minera. Los mineros son como los demas hombres; cuando se les trata con justicia, y que no se falta á los empeños con ellos contraidos, el mayor número escucha la razon y hacen que la escuchen los estraviados; y sobre todo, los ingenieros y los capatáces deben tener carácter y hacerse respetar.

Digitized by Google

422. No debe permitirse el fumar en los sitios poco ventilados: bueno seria que no se fumase en ningun parage de la mina, pero esto es una cosa imposible de conseguir, porque se ha hecho un hábito tan arraigado en la mayor parte de los hombres, que ha pasado á ser ya una verdadera necesidad; de la cual saben los gobiernos sacar muy buen partido.

En el distrito de Freiberg está absolutamente prohibido el fumar dentro de los subterráneos; pero no por eso dejan de hacerlo la mayor parte de los mineros. En aquel pais la vanidad del hombre y el afan de los distintivos llega hasta las entrañas de la tierra; solo por la clase de luz en la linterna, como diremos mas adelante, se conoce á larga distancia cuando viene un gefe; por consiguiente cuando los operarios lo apercibeu, al momento apagan y esconden sus pipas. El resultado es que, únicamente los ingenieros y los capataces, que es el menor número, son los que se privan de fumar. Los mineros mas subordinados reemplazan el vició de fumar con el de tomar tabaco en polvo mientras están dentro de la mina: y asi, cuando un estrangero baja á aquellos subterráneos debe ir provisto de una caja de tabaco; el mayor obsequio que puede hacer á los trabajadores es, ofrecerles un polvo despues de haberles saludado con el *¡Glück Auf!*

En el distrito de las montañas altas de Sajonia, lo primero que hace el capataz mismo, al tiempo de tomar la escala para bajar á la mina, es encender su pipa. En las minas del Harz es permitido fumar escepto en algunos sitios poco ventilados; esto es lo mas prudente, porque es mas asequible su egecucion y cumplimiento.

En España seria muy difícil por no decir imposible el impedir que los mineros fumen cómo y cuándo mejor les parezca; y por otra parte, el perjuicio que causa en la atmósfera un cigarro de papel, de ningun modo se puede comparar con el de una pipa. En las Alpujarras está metodizado el fumar, y el sobrestante dá la voz para ello, cuando juzga que es tiempo de que los operarios tomen un pequeño descanso.

423. Entre los mineros de algunos estados de Alemania se

conservan ciertos agüeros y preocupaciones, restos todavía de sus antiguas creencias religiosas, y de cuyos agüeros debe tener conocimiento el que trate de visitar aquellos establecimientos.

Ya hemos dicho (pág. 13) que aquel vulgo minero está en la firme persuasion de que los minerales crecen y se reproducen, y que, con el trascurso del tiempo, los minerales impuros tal como la blenda y las piritas, se convierten en minerales preciosos argentíferos y aun auríferos; y estas transformaciones las hacen depender de circunstancias y de accidentes los mas absurdos.

Tambien creen que hay duendes de minas, pero son unos duendes de muy buena especie, porque su presencia anuncia siempre ó bien abundancia prócsima de mineral rico, ó bien que vá á hacer su fortuna alguno de los operarios; y sobre este punto tienen ellos mil cuentos y mil anécdotas, trasmitidos tradicionalmente desde sus antepasados. La presencia del duende en una mina es de mucha utilidad para la empresa, porque entonces los operarios guardan el mayor silencio, y trabajan con doble aplicacion, particularmente los que se hallan en parages solitarios, procurando de este modo captarse la buena voluntad del duende, y aspirar á la dicha de abocarse con él. Desde luego se deja conocer que los capataces serán los primeros á sostener esta preocupacion, y á propagar los cuentos. «Vamos muchachos, les dicen, aplicarse al trabajo, que segun »tengo noticias anda duende en la octava galería.» ¡Cuánto se abusa de la ignorancia de los hombres!

Digitized by Google

# CAPITULO IV.

## *ILUMINACION DE LOS SUBTERRÁNEOS.*

### §. 1.º *Consideraciones generales.*

424. Para poder transitar por las escavaciones subterráneas, y mucho mas si se ha de trabajar dentro de ellas, es indispensable ver; y para ver se necesita luz, sea natural ó artificial.

Cuando se sale por una galería ó por un pozo que estén bien en línea recta, y que la boca se halle desembarazada sin tapia ni cobertizo, la claridad del dia sirve de guia, y se puede salir sin necesidad de otra luz, aun cuando la escavacion tenga muchos cientos de varas de longitud. Pero cuando se entra en las escavaciones, por el contrario; á los pocos pasos que se ha entrado, ya no se distinguen los objetos, ni siquiera las paredes que va uno tocando con la mano.

El proporcionar luz natural en los subterráneos por medio de claravoyas es un recurso muy mezquino, insuficiente, y al mismo tiempo muy dispendioso: por consiguiente los subterráneos hay que iluminarlos siempre artificialmente.

425. Esta iluminacion artificial se podria establecer de un modo fijo como los alumbrados de las calles en las poblaciones, por medio de reververos, ó con mecheros de gas: pero este método, ademas de ser costosísimo, no llenaria siempre su principal objeto que es, iluminar completamente un punto deter-

minado del subterráneo en el cual se necesita hacer alguna operacion; y sobre todo, tendría el gravísimo inconveniente de consumir mucho ocsígeno y producir mucho áceido carbónico.

Solo con motivo de alguna funcion ó la visita de algun príncipe se acostumbra alumbrar las escavaciones por este método, colocando faroles y candelabros en las paredes, ó bien encendiendo teas y antorchas: pero esta clase de iluminacion dura poco rato. Ya hemos dicho, pág 72, que en la mina de Wieliezka el curioso viagero puede proporcionarse este placer mediante una cierta propina. Lo mismo sucede en las salinas de Hallein en el Salzburgo, y en las de Berchtesgaden alli inmediatas; colocan una infinidad de cabos de vela en ciertas cavidades, cuyas luces reflejando en los cristales de sal humedecidos, producen un efecto maravilloso. En la mina de Churprinz en Sajonia iluminan hasta las ruedas hidráulicas con faroles de cristal de diferentes colores, que participan por consiguiente de su movimiento, y hacen una visualidad admirable.

426 La verdadera iluminacion de las minas es portátil, ambulante é individual; es decir que, cada minero lleva consigo su luz, y este aparato para ser perfecto debe llenar las condiciones siguientes.

1.° La luz debe estar dispuesta y arreglada de un modo manejable para poderla dirigir, al mismo tiempo que la vista, hácia el parage que se quiere ecsaminar; tan pronto hácia adelante para ver la direccion y la altura de la escavacion por donde se transita, tan pronto hácia el suelo para ver donde se ha de poner el pie y evitar los peligros.

2.° Para llenar la condicion anterior, el aparato debe ser de poco peso y tal que, no embarace al que lo lleva, sobre todo para transitar por las escalas de los pozos.

3.° Como que la luz es peculiar para cada individuo, no necesita él estar iluminado; por consiguiente, el aparato debe tener una disposicion tal que, el que lo lleva quede á la sombra, y toda la luz reunida se pueda dirigir hacia el punto necesario.

Digitized by Google

4.° El aparato en que vá la luz debe tener un asiento ú otro medio de poderlo colocar en el suelo, ó bien colgarlo mientras el minero tiene necesidad del uso de sus dos manos para emplearse en un trabajo cualquiera.

5.° La luz debe producirse del modo mas económico, porque son muchas las que se necesitan simultáneamente, y es un gasto de no poca consideracion en una mina de cierta actividad.

## §. 2.° *Diferentes aparatos de iluminacion usados en las minas.*

---

427. Los aparatos de iluminacion suelen variar en cada pais y no todos ellos llenan completamente las condiciones indicadas en el número anterior. En Succia y en Noruega se sirven, de teas esto es, astillas de pino resinoso que llevan simplemente en la mano, ó en una especie de candelabro de hierro: es el modo de alumbrarse de algunos pueblos de Castilla la Vieja, del mediodia de la Francia y en general, de todo pais donde abunda mucho el pino. Esta clase de iluminacion con respecto á las minas, solo es practicable cuando las escavaciones son muy anchurosas y espaciosas, y muy bien ventiladas; porque la tea es un combustible que produce muchísimo humo; por lo demas, no se puede negar que es el metodo de iluminacion mas económico de cuantos se conocen.

428. En las salinas de Berchtesgaden á los estrangeros visitadores les dan unos cirios de cera, provistos de un cabo de madera con su cazoleta de hoja de lata para recoger las goteras, por el estilo de nuestras cofradías en funcion de iglesia. Es lo mas antiminero que se podia discurrir.

429. En las minas de ulla de Planitz en Sajonia, en Rio-tinto, y en otras muchas partes, se alumbran con candiles de hierro, como los que generalmente se usan en nuestras cocinas particularmente en los pueblos de provincia, sus dos can-



Digitized by Google

dilejas una dentro de otra, y su garabato para colgarlo. Estos candiles tienen el inconveniente de ser muy pequeños, es decir que cabe en ellos muy poco aceite; no tienen asiento para dejarlos en el suelo; son poco portátiles, muy facil de derramarse el aceite al menor tropiezo, y dan mala luz; de modo que no llenan ninguna de las condiciones que se ecsigen para un aparato de iluminacion en las minas.

430. En muchas minas de Alemania, y creo que tambien en Rusia, usan unos candilones de hierro chatos; el combustible es sebo de carnero ó de caballo y la mecha ó torcida de algodon, ó bien simplemente una tira de trapo retorcido. El calor de la llama vá derritiendo el sebo sucesivamente, y para atizarlo y ponerlo en órden tienen un palito de madera, ó una ahuja de hierro. Este aparato no es de los mas pulidos, pero dá muy buena luz; se puede dejar en el suelo y se puede colgar segun convenga, y sobre todo es muy económico para los paises en que se vende caro el aceite. Está representado en Fig 177.

431. En cuanto á candiles, los que mejor llenan su objeto son los de Almaden; es un buen aparato de iluminacion subterránea, y se vá estendiendo en todas las minas de España. El de los ingenieros y capataces es de hierro, y está representado en Fig. 178; lo que constituye la candileja ó depósito de aceite, es una cavidad cilíndrica pero no perfectamente circular, pues su anchura es unas 10½ centésimas, y su largo en el sentído del mechero, solo 8½; la altura es de 4 centésimas. Esta candileja está tambien cerrada por la parte superior, pero un trozo de la tapa se puede abrir ó levantar por medio de la charnela *d* para echar el aceite, y despues se asegura ó sujeta con la ahuja *ab* que entra por el pasador *c*; esta ahuja sirve ademas para atizar la mecha, y para evitar que ella se estravíe, está unida al candil por medio de una cadenita. La altura total del aparato es 22 cent. y asi no tropieza en los peldaños cuando se sube y baja por las escalas. El garabato *f* tiene solo 10 cent. de longitud, y su forma es apropósito para engancharlo en el pulpejo de la mano, sin inutilizar á estás para asir el peldaño.

Digitized by Google

El candil de los operarios es de hojadelata, escepto el garabato que es de hierro; no es tan pulido como el de los ingenieros y capataces, pero llena igualmente su objeto, y su forma es cuasi esactamente la misma, como se vé en Fig. 179. El candil de Almaden satisface á todas las condiciones de un buen aparato de iluminacion, escepto á la de tener su luz recogida; pero aun esto no es un gran inconveniente porque, alli acostumbran á no dar una luz para cada individuo; hay trabajos en que un candil sirve para cuatro y cinco personas

432. En Sajonia el aparato general de iluminacion que se usa en las minas es una linterna de madera, que hemos representado en Fig. 180; A vista de frente, B vista de costado, y C es la planta. Esta linterna está interiormente forrada de hojadelata ó de laton; su altura es de 25 cent. y su anchura es de 12 cent. en cuadro. Las de los operarios tienen en su base ó suelo un tubito, en el cual entra el cabo de una candileja esférica *a*, que es la que suministra la luz; las de los ingenieros y capataces, en lugar de candileja llevan en el tubo una vela de sebo, y la luz que produce es tan diferente de la de aceite que, á mucha distancia se conoce cuando viene un gefe (422.)

En el respaldo de la linterna hay un gancho *b* de hierro ó de cobre, el cual sirve para agarrarla, ó bien para llevarla suspendida al pecho, metiendo dicho gancho por los hojales del *quittel* ó chaqueta de minero; los operarios llevan un cordon al cuello que les sirve para este objeto.

Las linternas suelen tambien tener una portezuela ó tapa con su cristal, que generalmente vá colocada ó encajada junto al respaldo y se vé asomar en *c*; cuando hay gran corriente de aire que pudiera apagar la luz, se saca la tapa y se coloca en la parte anterior, haciéndola entrar por una ranura; y para que entonces pueda renovarse el aire de la linterna, tiene esta en su fondo dos ó tres ahugeros, que hacen su correspondencia con el hueco en que antes estaba la tapa. Esta adicion es muy poco usada y no constituye lo esencial del aparato que, á mi parecer es el que mejor llena todas las con-

Digitized by Google

diciones, se entiende, para subterráneos en que no se producen gases inflamables.

433. Los picadores y sobre todo los barreneros necesitan tener la luz fija y segura en un sitio, todo el tiempo que dura su trabajo: para esto sirve el asiento chato del candil del Almaden, ó sino se enganoha su garabato en cualquiera saliente ó rendrija que presente la roca. Los barreneros sajones sacan la candilejilla de la linterna, y la pegan con barro á la roca en las inmediaciones de la boca del barreno.

En algunas partes para este objeto tienen lo que se llama el *mechero* ó *candelero de mina* Fig. 181. Se reduce á un clavo de hierro de 20—25 centésimas de longitud, y con un ahugero cilíndrico A, en el cual se coloca la candileja despues de haber clavado el candelero en la roca.

434. Cuando el ingeniero tiene que emplear la brújula para el levantamiento de planos, ó para marcar la direccion que deben seguir los trabajos en los subterráneos, no puede llevar consigo nada de hierro, porque su brújula no marcaría esacto; mucho menos puede tener nada de hierro en su aparato de iluminacion, que necesita acercarlo al instrnmento para observar los grados. En Almaden el candil del ingeniero cuando vá á operar es de cobre ó bien de laton. La linterna del Markscheider sajon está forrada de laton, y el gancho para colgarla es de cobre; pero hay otro aparato mucho mas cómodo, aunque no muy en uso, llamado *lámpara del geometra* Fig. 182. Toda ella es por supuesto de laton, un cilindro A de 4—5 cent. de diámetro, y 14—15 de altura, con su gancho *b* para pasarlo por el hojal de la chaqueta ó colgarlo de un cordon; sobre este cilindro una candileja *a* de dimensiones proporcionadas al aceite que ha de contener. Para recoger toda la luz en la observacion de la brújula, sirve la pantalla ó reververo B, que puede ser de un laton mas blanco, es decir, mas cargado de zinc. Para atizar la mecha, unas pinzas *c* tambien de laton, que se cuelgan al cilindro por medio de un pasador.

435. Merecen mencionarse las lucernas ó candiles de barro que hemos encontrado en las sepulturas romanas de las minas

Digitized by Google

de Rio-tinto. Su forma es muy conocida en la archeología, sin embargo la hemos representado en Fig. 183 A, vista por la parte superior, B vista de costado. Su longitud suele ser de unas 15 centésimas, su mayor anchura de 11, y su altura no pasa de 5. En *a* tienen un ahujerito para que el aire pueda entrar á reemplazar el lugar ocupado por el aceite consumido; en *b* está un ahujero para la mecha ó torcida.

Segun la disposicion en que se han encontrado semejantes lucernas en varias escavaciones antiguas de España, se conoce que, los romanos para alumbrarse en los subterráneos, usaban un método análogo al que se usa en el dia en algunas minas de las Alpujarras, que es el siguiente.

En unos poyetes labrados al intento de trecho en trecho en el un astial de las galerías, hay colocadas cierto número de candilejas que son las que han de proporcionar iluminacion á los transeuntes. Entra en la mina una cuadrilla de mineros, y solo el que vá delante lleva un candil encendido, una alcuza con aceite, y provision de torcidas. Dicho primer minero vá encendiendo todas las candilejas que encuentra, y aviando las que no estan en regla. El minero que hace cola en la cuadrilla, vá apagando las candilejas. No se puede negar que es un método ingenioso; algo complicado, pero muy económico.

436. Todo minero sea de la clase que quiera, sobre todo si vá solo, debe llevar consigo avíos de sacar luz; de no hacerlo asi puede verse muy espuesto, si se le apaga la luz, por muy práctico que sea en la mina; porque no puede preveer los obstáculos que encontrará en su camino, ó si perderá el tino de su salida.

Con este fin los operarios en las minas de Alemania llevan todos una especie de cartuchera sujeta á la cintura, y dentro de la cartuchera los avíos de encender, á saber; piedra, eslabon, trapo quemado que sirve de yesca, pajuelas y un frasquito de aceite. Otros llevan pajuelas fosfóricas y un frasquito con amianto humedecido con áccido sulfúrico. Si la mina no es muy húmeda, lo mejor es llevar fósforos de cerilla, cuyo uso se ha hecho tan general en el dia.

Digitized by Google

### *Gasto de combustible en la iluminacion.*

437. Antes de hablar de otro aparato de iluminacion muy notable, diremos algo sobre el modo de proveerse los mineros del combustible necesario para sus candiles ó linternas.

Este combustible en unas partes lo suministra la empresa; en otras partes se lo tiene que procurar cada individuo, para lo cual recibe un surplus proporcionado en su jornal. Cuando es la empresa la que lo suministra, tiene que haber un empleado encargado de la custodia de los candiles y distribucion del combustible á medida que va entrando la gente en la mina. Este empleado se llama en España el *Almijarero*, y los almijareros suelen sacar mas jornal y mas utilidades que las que les corresponde de justicia, por mucha que sea la vigilancia de los gefes.

En Alemenia los mineros reciben un tanto (sobre 5 cuartos) diario para su alumbrado. Los dias de mercado se ven acudir las mugeres de los mineros que viven en el campo, con su cesta para llevar las provisiones de la semana; todas ellas llevan su tarrito lleno de aceite de ballena. Dentro de la mina nunca se ve alli arder una luz inutilmente. Cuando los mineros salen á la superficie, en el momento que perciben la luz del dia, por muy distante que sea, luego apagan su linterna; ninguna sale encendida á la superficie. Estas economías no se ven cuando es la empresa la que dá el combustible.

438. El gasto de combustible para la iluminacion, sobre todo si es sebo, depende de la buena ó mala ventilacion, y del grueso de la torcida; lo general es de 2—3 onzas de sebo, y de 3—4 onzas de aceite para una entrada de 8 horas.

En Poullaouen, en Francia, cada minero, en 12 horas de trabajo gasta tres velas de sebo, que pesan juntas 4 onzas.

En las minas de Anzin, para una entrada de 8 horas recibe 4 velas de á onza.

En Idria se dá á cada minero para una entrada de 8 horas, 3½ onzas de velas, ó bien 2 onzas de aceite.

Digitized by Google

En el Harz 3½ onzas de aceite para las 8 horas de entrada.

En las minas de ulla de Silesia 4 onzas para 12 horas.

En donde se usa sebo de caballo, gasta una luz de 5—7 onzas de sebo en 8 horas.

En Almaden los candiles de los operarios se llenan con $2\frac{2}{3}$ onzas de aceite para una entrada de 6 horas. Para los candiles de los entivadores, como necesitan una luz mas intensa, se les pone la torcida mas gruesa, y se abona á razon de 4 onzas de aceite por entrada. A los ingenieros y capataces se les llena el candil con $5\frac{1}{2}$ onzas, en razon á que su estancia en la mina no está limitada á una sola entrada.

### *Gas inflamable y lámpara de Davy.*

439. Ninguno de los aparatos de iluminacion descritos puede usarse cuando en los subterráneos se desprende el gas *inflamable*, que no es otra cosa que el gas *hidrógeno carbonado*. Esta circunstancia se verifica principalmente en los criaderos de ulla, y cuando esta es grasa ó muy bituminosa, hay mas desprendimiento de hidrógeno que cuando es seca; pero de todos modos no hay que fiarse. Son muchos y de mucha consideracion los accidentes ocurridos por efecto de la inflamacion de este gas; y en Inglaterra llegó á tal punto que, los mineros se acobardaron y no querian entrar en los subterráneos.

440. El gas hidrógeno es inflamable, pero no es esta su propiedad la mas perjudicial para los mineros; sino que cuando está mezclado en ciertas proporciones con el aire atmosférico, á la inflamacion es consiguiente una detonacion. Si el gas hidrógeno entra por $\frac{1}{12}$ en el volúmen del aire atmosférico con que está mezclado, su inflamacion produce ya una detonacion; pero los efectos de esta no son de consecuencia, sino cuando el hidrógeno constituye $\frac{1}{9}$ del volúmen.

441. El hidrógeno se desprende de las rocas en unas esferillas formadas ó recubiertas por una película finísima, á modo de tela de araña. Estas esferillas sobrenadan en el aire, y si llegan á pasar por la llama del candil, se inflaman, y lo menos

Digitized by Google

que hacen es apagar la luz. Cuando los mineros las perciben tienen buen cuidado de deshacerlas entre las manos, y entonces el hidrógeno se reparte con mas igualdad, y vá á ocupar los puntos mas elevados, como que es mas ligero.

Como que el hidrógeno es muy soluble en el agua, lo que hacen en algunas partes es, rociar con ella los subterráneos donde se desenvuelve aquel. En las minas de Villanueva del Rio cerca de Sevilla, sacuden las paredes y suelo con unas retamas humedecidas.

En otras partes lo que solian hacer antigüamente para libertarse de tan terrible enemigo, era pegarle fuego cuando no habia gente en los subterráneos; y esto lo verificaba un operario que entraba arrastrando, recubierto de cuero, y con un palo largo en la mano á cuyo estremo llevaba una luz; siendo el operario muchas veces víctima de su filantropía, ó mas bien de su codicia por ganar un surplus de jornal. Despues inventaron poner una llave de fusil rodeada de pólvora, y para determinar el fogonazo, atában al gatillo una cuerda muy larga, de cuyo otro estremo tiraba un operario. Tambien idearon no tener mas luz en los parages infectados, que la producida por las chispas que saltaban de un pedazo de acero, contra el cual frotaba una rueda de piedra silicea, puesta en movimiento por medio de una manivela. Pero todos estos eran recursos tristes é insuficientes para hacer que las labores llevasen su marcha regular.

41. A todos estos inconvenientes remedió el inglés Davy con el descubrimiento de su lámpara prodigiosa. El primer ensayo se hizo en las minas de Newcastle en 1815; aquellos mineros lo pasearon en triunfo por las calles de la ciudad.

El fundamento de este descubrimiento estriba en saber que, toda llama se compone de dos cosas muy distintas, la una luz, la otra calor; son dos cosas que se pueden separar, y que se separan por medio de una red metálica, esto es, una especie de tela ó tejido hecho con hilos metálicos. Si sobre una llama se coloca una tela metálica, la luz en su forma de llama pasa á través de ella, y pasa tambien el aire, pero el calor no.

Toda la invencion del célebre Davy, se reduce pues á una lámpara, farol ó linterna, en la cual la luz está encerrada dentro de una tela metálica. La forma que adoptó y la que efectivamente parece mas acomodada para su uso dentro de los subterráneos, es la representada en Fig. 184. Toda ella es de laton escepto la tela que suele ser de cobre. La verdadera lámpara ó candileja A es cilíndrica, de 8 cent. de altura, y otro tanto de diámetro. El cilindro de tela metálica C está asegurado dentro de una especie de caja formada por dos discos unidos por medio de cuatro barras; el disco inferior, horadado en su centro para que pase la mecha, ajusta á tornillo sobre la candileja. La parte superior del cilindro metálico constituye la chimenea; es de plancha de cobre y atravesada con cierto número de ahugeros, para que por ellos salga el ácido carbónico que se forma en la combustion. En el disco superior hay un gancho B que sirve de agarradero. El total del aparato tiene 30 centésimas de altura.

Esta lámpara no salió de las manos de Davy con toda la perfeccion que tiene en el dia; lo mismo sucede con todos los inventos en las artes; pero, de todas las modificaciones introducidas en ella, ninguna es esencial ni ha variado en lo mas mínimo la primer idea de su inventor. (*)

443. Para que la tela metálica tenga la propiedad dicha es preciso que, esté construida de modo que en cada pulgada francesa cuadrada de estension, contenga por lo menos 625 ahugeros ó enrejados digámoslo así; siendo por consiguiente la magnitud de cada uno de ellos $\frac{1}{25}$ de pulg. en cuadro. El grueso de los hilos ha de ser de $\frac{1}{40}$ á $\frac{1}{60}$ de pulgada.

444. El servicio que presta esta lámpara es verdaderamente admirable. Cuando se entra con ella en una atmósfera en que hay algo de hidrógeno, la llama aumenta immediatamente de volúmen y se prolonga. Si la cantidad de hidrógeno es $\frac{1}{12}$ del volúmen de aire, es decir, cuando la mezcla empieza á ser esplosiva, en ese caso el hidrógeno contenido dentro de la tela

(*) Annales des mines. T. I. an. 1816.

metálica se inflama; pero todavía se distingue en él la llama de la candileja adherida á la mecha. Cuando el hidrógeno entra por $\frac{1}{6}$, la mezcla ya no es tonante; entonces no se percibe la llama de la mecha, y una luz igual y brillante llena todo el espacio dentro de la tela metálica. En pasando el hidrógeno de $\frac{1}{6}$ ya la luz se vá debilitando; y por último, cuando es $\frac{1}{3}$, el respirar aquella mezcla es perjudicial á la economía animal, y entonces se apaga la lámpara de por sí, y advierte al minero que ya es tiempo de retirarse.

415. A M. Cheuremont, ingeniero belga, se debe una adicion muy ingeniosa y muy útil en la lámpara de seguridad; está reducida á disponer sobre la mecha ó al rededor de ella un hilo espiral de platina. Como este metal, así dispuesto en espiral, tiene la propiedad de hacerse incandescente, esto es que, una vez llegado al color rojo por la acccion calorífica de una llama, conserva este color rojo ó incandescencia durante mucho tiempo despues de haber cesado la accion de la llama (*); resulta que, cuando la lámpara ha llegado á su último periodo esto es, cuando se ha apagado, el resplandor de la platina incandescente de suficiente claridad para guiar al minero en su salida del parage infectado. Llega el minero á un sitio menos cargado de hidrógeno, la platina inflama este gas dentro de la lámpara, y ya tiene mejor luz; disminuye la cantidad de hidrógeno, ya se distingue la llama de la mecha; y por último, llega el minero á un sitio enteramente libre de hidrógeno, la lámpara vuelve á hallarse en su primer estado, habiendo pasado en sentido inverso por todas las graduaciones que habian antes esperimentado para llegar á apagarse por falta de aire vital.

416. Parece increible la estupïdez y barbaridad á que pueden llegar algunos individuos de la clase de operarios.

---

(*) Nuestro querido maestro D. Antonio Gutiérrez, actualmente profesor de física en el conservatorio de artes de esta corte, en una de sus muchas y variadas investigaciones que desgraciadamente se hallan ineditas, ha encontrado que esta propiedad de la incandescencia la poseen cuasi todos los metales, sabiéndolos disponer convenientemente.

Digitized by Google

Los mineros de Newcastle luego que tuvieron su lámpara de Davy, olvidaron los peligros que se corren por la inflamacion del gas hidrógeno. Cuando querian fumar, abrian la lámpara y encendian la pipa en la llama de la candileja, las esplosiones y desgracias consiguientes se repitieron. Para hacerlas cesar enteramente tuvieron los gefes que disponer un candado para cada lámpara, cuya llave en poder del capataz, solo lo abria en el momento de atizarla, echar aceite y encenderla para entregársela al minero entrante.

Digitized by Google

# TERCERA PARTE.

## *ESTRAER LOS MINERALES DE LAS ESCAVACIONES.*

447. En la operacion de estraer los minerales desde los subterráneos á la superficie, hay tres cosas que considerar.

1.° *Los medios de transporte* que, por lo general se reducirán á una espuerta, un saco ó un cajon, de esta ó de otra forma; el cual se pueda llenar y vaciar facilmente, y que no derrame el mineral durante su tránsito.

2.° Este medio de transporte será puesto en movimiento por la accion de un ser animado, ó por una máquina cualquiera.

3.° Habrá de construirse un camino ó via, adecuado al medio de transporte y á el agente que lo ha de poner en movimiento.

448. Estas tres cosas variarán precisamente segun que la escavacion por donde se ha de verificar la estraccion sea horizontal, vertical ó inclinada; porque, por ejemplo, seria muy poco ventajoso hacer la estraccion por un pozo vertical empleando hombres cargados con espuertas; asi como seria un desproposito aplicar una rueda hidráulica para estraer los minerales por una galería horizontal.

Consideraremos pues, cuales son los medios de transporte, el agente, y la via mas adecuados para verificar la estraccion segun que, la escavacion sea horizontal, vertical ó inclinada.

Digitized by Google

# CAPITULO I.

## *ESTRACCION DE LOS MINERALES POR GALERIAS.*

### §. 1.° *Agentes empleados en esta operacion.*

449. En esta clase de escavaciones, segun ya hemos indicado (448), el agente que generalmente se emplea para la estraccion de los minerales es el hombre; rara vez, y solo cuando las escavaciones son bastante espaciosas y poco complicadas, se puede sacar partido de las caballerías. En una salina junto á Valtierra en Navarra, he visto entrar á cargar las recuas de burros, internándose á mas de 2000 pies de distancia en los subterráneos, y sin mas luz que la que llevaba el arriero que los conducia. (*)

En algunas minas de ulla tanto en Alemania como en Inglaterra, el transporte por galerías se verifica en carros tirados por un caballo, como diremos mas adelante.

450. El medio mas sencillo, pero tambien el menos económico, de emplear el hombre en el transporte de minerales es,

(*) En honor del ingenio humano debo decir que, aquella mina, dirigida esclusivamente por un labriego de oficio molinero, sin saber leer ni escribir, ni haber visto otra mina, ni haber salido nunca del pais; estaba labrada segun todas las reglas del arte, tanto por el órden y disposicion de las galerias, como por la fortificacion bien entendida con mampestería en seco; y este juicio lo formé, cuando acababa de llegar de mis viages por Alemania.

Digitized by Google

haciendo que lleve los cantos *á mano limpia*, bien sea cargados sobre el hombro, sobre la cabeza ó sobre la espalda. Escusado me parece decir que en ninguna mina de cierta consideracion, y que esté dirigida por un ingeniero, debe admitirse este género de transporte; sin embargo, es un método puesto en práctica en algunas partes de América, de España y aun de Francia; sobre todo en las minas de lignites de Provenza.

No diremos por ahora mas sobre el modo de emplear el hombre y las caballerías en el transporte de minerales, porque tendremos ocasion de volver sobre ello á medida que vayamos describiendo los medios de transporte; son dos cosas que no se pueden separar facilmente.

## §. 2.° *Medios de transporte por galerias.*

---

481. El *barcal* ha sido durante muchos siglos el medio de transporte generalmente usado en Alemania y en Ungría, y todavía se conserva en algunas partes para cargar los hornos de fundicion. En las minas de Rio-tinto está todavía muy en uso; es cuasi el único medio de transporte empleado dentro de los subterráneos, pero es de esperar que se destierre enteramente, cuando se acaben de ordenar aquellas laberínticas escavaciones.

Este barcal se reduce á un pedazo de madera en forma de tabla, pero desgastado ó ahuecado un poco para darle la forma de barco ó de cazuela. En Rio-tinto se hacian antes de madera de chopo y de una sola pieza; en el dia son de pino, y de dos piezas, ajustadas con unas chapas ó cintas de hierro, segun demuestra la Fig. 185. Su longitud es de 55—56 centésimas, y su anchura de 36—38 cent., con una profundidad ó grueso que no pasa de 8 cent. El modo de llevarlo es sobre la cabeza sosteniéndolo con una mano, y los muchachos, que son los empleados en este oficio, cargan en él de 1½ á 2 arrobas de mineral, segun que ellos son menos ó mas crecidos.

Digitized by Google

452. Otro medio de trasporte muy usado en España, tanto dentro como fuera de los subterráneos es la *espuerta.* Es un utensilio demasiadamente conocido para que sea necesario describirlo. Solo diremos que, generalmente son de esparto, pero tambien se hacen de cáñamo. Las hay muy grandes y entónces se llaman *esportones.*

En Almaden se hace uso de las espuertas ordinarias, y el mineral contenido en una de ellas pesa de 30–40 lib. á cuyo peso llaman impropiamente un quintal, aunque es nombre que se vá desterrando.

Las espuertas en España tienen un coste muy ínfimo, peró apesar de esto el transporte verificado con ellas sale muy caro con respecto á otros medios que se emplean en las minas, como veremos mas adelante. Por lo tanto las espuertas no deben emplearse mas que para llenar los carros, ó bien para transportar el mineral á corta distancia, por sitios muy embarazados y á donde no puedan llegar aquellos.

452. Fuera de España, como no se cria espontáneamente el esparto, no traería cuenta el hacer uso de las espuertas; pero tienen un equivalente que son las *cestas*, y las hacen de mimbres, ó bien de madera cortada en tiras anchas y delgadas.

En las minas de Sajonia las hacen de madera de chopo y se llaman *Koerbe.* Una *Korb* llena de aquel mineral pesa sobre 38 lib. que viene á ser lo mismo que una espuerta de Almaden.

453. En Sajonia y en cuasi todo Alemania, para transportar á mano el mineral usan de otro utensilio que llaman *kübel*, y no es otra cosa que un cubo ordinario de madera, Fig. 186, con un solo agarradero en *a*

El kübel es una unidad de peso adoptada allí en minería, hasta para la contabilidad. El de Sajonia tiene de cabida 1,44 pies cub. de Leipzig, ó sean 2488 pulg. cub.; lleno de zafra pesa 116 lib. de Leipzig y lleno de mena pesa 115. (*)

Un kübel=3 koerbe, y 18 kübel hacen un *Fahre* que,

(*) Villefose dice que un kübel pesa 71 libras, pero esto no puede menos de ser una equivocacion ò un yerro de imprenta.


Digitized by Google

como el nombre mismo lo indica, viene á ser la carga de un carro tirado por dos caballos.

Las espuertas, las cestas y los cubos de mano tienen igual aplicacion, y hacen los mismos servicios como medios de transporte; y ademas sirven para hacer la *monda* ó apartado, y la clasificacion del mineral, tanto en la superficie como dentro de los subterráneos.

### *Carretillas.*

454. Una carretilla viene á reducirse en la esencia, á un cajon de madera armado y sostenido sobre un carro de solo una rueda en su parte anterior. En la parte posterior salen dos varas prócsimamente paralelas, por cuyos estremos agarra y sostiene el hombre el peso de la carga, y empujando hácia adelante hace girar la rueda y pone la carretilla en movimiento.

Para que el *carrero* pueda sostener mejor la carga hay una correa ó una cuerda, llamada *cincha*, atada á los estremos de las varas y que pasa sobre sus hombros, ó bien sobre los riñones si la galería es baja de techo y tiene él que ir algo agoviado.

No es indispensable el que la carretilla tenga un cajon formal; basta que en su parte anterior tenga colocada una tabla para impedir que la carga caiga hácia adelante; pero esta clase de carretillas solo sirve para transportar leña, maderas fardos &c; es decir que, no sirven para transporte de minerales, y mucho menos de tierras. De todos modos entonces, no deben ser planas, deben tener una cierta curvatura para que la carga haga mejor asiento.

Con las carretillas ordinarias transporta un hombre de 8—10 arrobas de peso.

455. La forma y dimensiones de una carretilla varian mucho en cada pais, y segun la clase de transporte á que se destinan; pero, sea su forma la que quiera, la rueda debe ser grande, esto es, de tal magnitud que, su eje venga á estar cua-



Digitized by Google

si á la misma altura á que el carrero lleva las manos cuando egerce su accion, es decir, cuando pone la carretilla en movimiento.

La razon de esto es muy sencilla; si la rueda es muy pequeña resulta que, cuando el carrero suspende las varas de la carretilla, coloca á esta en una posicion inclinada, y por consiguiente, cuando trata de ponerla en movimiento, una parte de su esfuerzo se emplea inútilmente en oprimir la rueda contra el piso ó suelo del camino. Esta pérdida de fuerza es proporcional al seno del ángulo de la inclinacion que toma la carretilla; ó lo que es lo mismo, cuanto mas se acerque á la horizontalidad la posicion de la carretilla, tanto menos esfuerzo desperdiciará el carrero.

456. En la Fig. 187, está representada la carretilla usada en las minas de Almaden para el transporte de minerales. Su longitud total viene á ser de dos varas, su anchura 0,66 y el rádio de la rueda 0,22.

Por decontado, como que esta carretilla no tiene cajon, hay que colocar sobre ella el mineral dentro de las mismas espuertas en que se ha traido; resultando que luego en el transporte se cae y desperdicia una parte de la carga, por mucho cuidado que lleve el carrero. Pero no es esta la única contra de semejantes carretillas; la carga vá demasiado elevada, esto es, vá mas alta que el punto de aplicacion de la fuerza; por consiguiente el equilibrio es poco estable, y para conservarlo tiene el carrero que hacer un cierto esfuerzo, empleado en pura pérdida y fuera del objeto á que está destinado, que es impeler la carga hácia adelante.

En una carretilla de Almaden colocan de 5—6 espuertas cargadas de mineral, que vienen á hacer un peso de 8 arrobas sobre poco mas ó menos. Los asentistas y destajeros escogen los hombres mas robustos para emplearlos en este egercicio, y les hacen desplegar todo el resto de sus fuerzas, sin que por esto deje de salir el transporte muy caro, como veremos.

457. Las carretillas de Rio-tinto estan mucho mejor entendidas; pero las que pondremos por modelo para ser adoptadas

Digitized by Google

en las minas en esta clase de transportes, son las de Sajonia Fig. 188.

Tienen de longitud 2 varas; de anchura por el estremo de las varas ½ vara; rádio de la rueda 0,27 de vara; profundidad del cajon 0,27, etc. La principal ventaja de la disposicion que tiene esta carretilla consiste en que, el centro de gravedad de la carga está siempre mas bajo que el punto de aplicacion de la fuerza, por consiguiente el equilibrio es estable y el carrero está mas desembarazado para empujar; así es que la cargan con 2 kübel, los cuales, siendo de zafra hacen un peso de cerca de 9 arrobas, y siendo de mena 9 arrobas y 8 libras.

Una carretilla cuesta en Freiberg 3 thaler=43 rs. vn., se conserva de buen uso durante 300 entradas de á 8 horas; las composturas que necesita durante este tiempo, suben tanto como el valor de su herrage cuando se desecha. Uua cincha de correa cuesta 11½ rs. vn, y duran tambien 300 entradas. Estos son detalles que no se pueden dar de ninguna mina, ni tal vez de ningun establecimiento de España.

Es menester advertir que en todo Alemania y en Ungría, se hace muy poco uso de las carretillas para transporte dentro de los subterráneos; estan reservadas para las faenas de la superficie, y particularmente para el servicio de los hornos de fundicion.

Seria muy largo y de poco interés para el objeto presente el describir las diferentes clases de carretillas que hay en uso en diferentes paises; solo diremos por último que, sea su forma la que quiera, por donde mas pronto se destrozan es en los soportes del eje de la rueda, por consiguiente esta es la parte que hay que estudiar mas para darla una disposicion conveniente y firme.

## *Carros.*

452. Muchas son tambien las clases y formas de carros que se emplean dentro de las minas para el transposte de los mine-

rales; esta variacion es mucho mayor en las minas de ulla; lo que es en las minas sobre criaderos metálicos, el carro mas generalmente usado es lo que llaman el *perro úngaro*, porque su origen es de Ungria, pero que se ha adoptado en todas partes con modificaciones mas ó menos notables.

Se reduce, Fig. 189, á un cajon A, formado de tablas muy gruesas y sostenido sobre cuatro ruedas, cuyos ejes de hierro estan sujetos á un fuerte liston *ab*, que corre á lo largo del carro por bajo de su fondo. Sus dimensiones pueden apreciarse con la escala correspondiente que acompaña á la figura, la cual representa el adoptado en Sajonia, y que se diferencia muy poco del originario de Ungria.

Como se vé, las cuatro ruedas no son iguales; las dos mayores estan colocadas en el medio de longitud del carro, y son las únicas que lo soportan cuando está en movimiento, porque el carrero, apoyando un poco sobre la parte trasera, hace que las dos ruedas delanteras vayan á el aire. Tanto para esto como para hacerlo girar á derecha é izquierda, sirve el tope ó mango *c*, que el carrero lleva agarrado con la mano derecha, apoyando la izquierda sobre el borde del cajon. En el tablero anterior hay una pequeña grapa para suspender la linterna.

Como que la base es estrecha y no hay mas punto de apoyo que las dos ruedas, es muy dificil de manejar este carro; en no dándose buena maña se le vuelca á uno al momento. Sin embargo de esto, el perro de por sí pesa 6 arrobas inclusas 36 lib. de herrage; su carga es 3 kübel=14 arrobas de mineral; pues bien, todo este peso lo transporta un muchacho, algo crecido, á carrera tendida por aquellas larguísimas galerías. Cuanto mas apriesa vá, mejor conserva su equilibrio, segun las leyes de mecánica.

Su primer coste en Freiberg es 80 reales vn., puede servir durante un año, y en este tiempo las composturas ascienden á 28 reales vn., y cuando se desecha, resulta, todavía unas 20 lib. de hierro viejo. Se tarda 6 minutos en cargarlo, y se transporta con una velocidad de $5 \rightarrow 5\frac{1}{2}$ pies por segundo.

Las ventajas del perro úngaro sobre las carretillas son dema-

siado perceptibles para que nos detengamos á detallarlas.

459. Cuando las galerías son de muy poca altura como sucede en el criadero de Mansfeld (pág. 19) tienen que emplearse unos carros proporcionados, para verificar por ellas el transporte.

Los usados en aquellas minas, y representados en Fig. 190 tienen algo mas de una vara de longitud; su anchura es de unas 0,42 de vara, y su altura total 0,53. En esta altura está comprendida la de las ruedas que son cuatro, iguales y sujetas á un liston inferior como en los perros úngaros. En uno de los estremos del carro hay un gancho *a*, al cual se sujeta el estremo de una cuerda que está atada á una pierna del carrero, que arrastrándose sobre la otra pierna y el brazo correspondiente, lleva tras sí el carro cargado con 4—6 arrobas de mineral.

460. Tanto dentro de las minas como en la superficie, se hace mucho uso de otra clase de carros, muy ventajosos y muy económicos para el transporte, en razon á que se les hace rodar sobre unos listones de hierro ó de madera. Los daremos á conocer en el párrafo siguiente.

§. 3.º *Caminos para verificar el transporte por galerias.*

461. Cuando es el hombre el que transporta sobre sí los minerales, bien sea á mano limpia, en cestas ó en espuertas, por cualquiera parte que él pase los podrá llevar, sin necesidad de disponer para ello un camino particular; pero cuando el trasporte se hace con carretillas, ya entonces es necesario por lo menos, que el piso de la galería esté bien liso y con un desnivel uniforme; y este desnivel debe ser en beneficio del carrero, esto es que, él baje cuando vá cargado y suba cuando vá de vacio.

Ya hemos dicho (148.) que toda galería debe tener una cierta inclinacion para que corran las aguas que en ellas se puedan

Digitized by Google

infiltrar; por consiguiente será preciso combinar de modo que, el desnivel para el desagüe no sea en contra del acarreo; y esto se consigue estableciendo el pozo de las bombas inmediato al de estraccion; y si es un pozo maestro que sirva para los dos objetos, tanto mejor.

462. Para transportar los perros úngaros se necesita un camino mas liso y mas igual, pues de lo contrario no se podrian llevar con la velocidad que hemos dicho, sin peligro de volcar á cada instante. En las galerías por donde se ha de verificar el transporte con estos perros, se arma un camino de fajados, como el de Fig. 133, y algo mas ancho que si hubiese de servir solo para el tránsito de la gente. Tambien puede ser suficiente el poner solo unas tablas en el suelo sin necesidad de atravesados; pero de todos modos estas tablas han de estar algo aseguradas para que no varíen de posicion con el peso que rueda sobre ellas.

### *Caminos de hierro.*

463. Los caminos de hierro constituyen una de las invenciones que caracterizan el progreso de civilizacion de la época presente, y mucho mas todavía, desde que se ha conseguido aplicar la fuerza del vapor para verificar sobre ellos los transportes. Es una cosa que parece de encantamiento el ver á una *locomotriz* rodar por sí sola, y arrastrar con la velocidad del rayo una serie de carruages enganchados á su zaga unos en pos de otros, y en los cuales van personas, equipages, mercancías, animales, en una palabra, una poblacion entera con todos sus ajuares y utensilios.

Un medio tan portentoso de establecer las comunicaciones no ha podido menos de llamar desde luego la atencion de todo el mundo civilizado; asi es que en el dia, por todas partes se están ocupando del establecimiento de caminos de hierro, siendo los ingleses los que mas han avanzado en esta parte, como lo hacen en todos los ramos de industria, particularmente en los que proceden ó se fundan en aplicaciones de la física y de la mecánica.

Digitized by Google

No se crea por esto que para hacer feliz á una nacion basta solo el cruzarla con caminos de hierro en todas direcciones. Para que el establecimiento de un camino de hierro produzca utilidad, es preciso que concurran varias circunstancias, y que se llenen varias condiciones que no siempre se pueden combinar, y mucho ménos en el dia en que el tanto por ciento vá antes de todo, y que nadie quiere desembolsar un peso duro, sin saber de antemano el rédito que le ha de reportar. Una demostracion de esto tenemos bien reciente en Francia, donde á pesar de su adelantada civilizacion, y de la actividad de su comercio interior, las empresas de grandes líneas de caminos de hierro estan muy lejos de haber correspondido á los buenos resultados especulativos que con ellas se prometian.

Si en Francia pasa esto, ¿cómo podemos nosotros pensar en caminos de hierro en España, donde apenas hay tráfico mercantil, y cuyo suelo está atravesado por tantas cordilleras de montañas? ¡Qué poco se les ha ocurrido á los suizos el hablar de caminos de hierro para su pais!

464. La principal ventaja de los caminos de hierro es, la gran celeridad con que por ellos se verifican los transportes; una legua se recorre en cinco minutos. Pero esto no es precisamente lo que mas interesa al comerciante, que lo mismo le dá recibir sus efectos 24 horas antes que cuatro dias despues; lo que mas le interesa es pagar por ellos poco porte, y esta condicion la satisfacen mejor los canales y los rios; prescindiendo de que, sobre el agua se transita ya tambien bastante de priesa.

465. La condicion de que un camino de hierro ha de tener muy poco ó ningun declive, y que con él no se pueden dar vueltas repentinas, esto es, que no se pueden formar curvas que no sean muy escéntricas ó de rádios muy considerables, hace aumentar considerablemente el precio de su construccion. Segun Mr. Girard (*) el precio medio de un camino de hierro se puede valuar á 98612 francos por kilometro de longitud, que reducido á medidas españolas viene á ser 2.103800 reales para una legua de 20000 pies.

(*) Memoria traducida al castellano por D. Francisco Javier Barra. 1833. Madrid.


Digitized by Google

En un camino arrecife ordinario en Francia viene á costar 18000 francos cada kilometro, ó sean 371506 rs. vn. por legua española, y esta misma longitud en España cuesta término medio, segun cálculo de D. Francisco Barra, 600000. rs. vn. Pero los derechos de portazgos no sufragan en España á cubrir los gastos de conservacion del camino y los réditos del capital empleado en su construccion; luego mucho menos sufragarian en un camino de hierro, á no ser que se impusiesen unos mas subidos que un camino ordinario, lo cual no puede hacerse porque nadie transitaria por ellos.

Sin embargo, un camino de hierro puede traer utilidad cuando por él hayan de transitar muchos viageros porque, el transporte de una persona se paga en todas partes, cuando menos 4—5 veces mas que igual peso en efectos. En Francia, en Bélgica y en Inglaterra hay líneas de caminos de hierro sobre los cuales transitan diariamente 20 y 30 mil viageros.

466. La comunicacion entre dos puntos, sea la que quiera la clase de camino que los una, se puede considerar bajo otro punto de vista, y es el siguiente.

En toda comunicacion, que no sea por mar, se reunen ó coinciden tres empresas diferentes; que todas ellas deben reportar su utilidad ó ventaja, y que dependen todas unas de otras. 1.a Fábrica del camino, que cobra sus intereses por medio de los portazgos. 2.a Los carreteros, que transportan los efectos, y con cuyo porte tienen que pagar los portazgos, cubrir los gastos de su manutencion y la de sus caballerías, la conservacion de sus carruages, y el rédito y ganancia del capital que todo esto representa. 3.a El fabricante ó comerciante dueño de los efectos transportados, el cual, despues de haber cubierto todos los gastos dichos, debe encontrar ventaja en trasladar sus efectos de un punto á otro para obtener mejor venta.

En el estado actual de la sociedad estan las cosas combinadas de tal modo que, es cuasi imposible el que saquen utilidad estas tres empresas; y por otra parte si falta una de ellas no pueden existir las otras dos. El empresario de un cami-

Digitized by Google

no arrecife es en todas partes el gobierno, ó la masa de la nacion ó de la provincia en que está construido; y esta es la empresa que parece estar destinada á perder, y á sacrificar su capital en beneficio de las otras dos.

Es verdad que en un camino de hierro las dos primeras empresas, esto es, la del camino y la del carretero, se reunen en una sola, y esto es siempre ventajoso; pero la tercera empresa, la del comerciante, no puede perder, porque en ese caso no transportaría sus efectos: luego sobre la otra han de recaer las desventajas, por mas vueltas que se le quiera dar.

467. En el transporte de minerales por galerías, ya varìa enteramente la cuestion. En primer lugar, las tres empresas estan reunidas en una sola, que es la de la mina considerada segun hemos dicho al principio de este tratado, es decir, hasta entregar los minerales en las fundiciones; y este establecimiento como es sabido, debe situarse siempre lo mas inmediato posible de la boca-mina, conciliadas todas las demas circunstancias. Siendo todo por una misma empresa, lo que se pierda por un lado se ganará por el otro, y siempre hay utilidad. Pero lo que hace mas ventajoso el establecimiento de caminos de hierro tanto dentro de los subterráneos, como en las dependencias de la mina sobre la superficie, es que, como en ellas el transporte se hace tan en detalle, esto es, en cantidades tan pequeñas, los gastos de conduccion verificada por los otros medios resultan escesivamente caros; por consiguiente, trae mucha cuenta un camino de hierro.

En resumen, en una mina, siempre que la horizontalidad del terreno lo permita deben establecerse caminos de *carriles*, sean estos de hierro ó de madera, y por corta que sea la distancia á que se han de transportar los minerales. La conduccion por agua es todavía mas económica, como veremos mas adelante; pero no puede establecerse siempre, ni hacerse tan general. Pasaremos, pues, á la descripcion de los caminos de carriles ó de *barandas*, y el modo de verificar sobre ellos el transporte de los minerales.

468. El objeto de los caminos de carriles es el siguiente:



Digitized by Google

Un carro que rueda sobre un camino plano bien liso y terso, es movido con mucha facilidad, y si este camino está un poco inclinado, por mucha carga que lleve el carro rodará por sí mismo, como no haya quien le contenga; asi es que, en los paises del norte, los comerciantes y contratistas en grande prefieren la temporada de invierno para verificar sus transportes sobre el hielo por medio de trineos. Pero por semejantes caminos no podrian rodar carros de ruedas, porque ellas harian facilmente oscilaciones de un lado para otro; y ademas, el hombre ó la caballería que ha de tirar del carro necesita pisar en un terreno áspero y escabroso hasta cierto punto, para afirmarse y poder hacer fuerza. Con que, para tener un buen camino será preciso combinar el que, la caballería ande sobre un piso áspero, y que las ruedas vayan sujetas sobre una superficie bien lisa y con poco ó ningun desnivel.

Este problema se resolvió por primera vez á principio del siglo 17, en cuya época se establecieron carriles de madera para transportar la ulla de las minas de Newcastle, tanto á las carreteras, como á los canales y rios inmediatos. Poco tiempo despues hicieron la mejora de fijar sobre la madera unas fajas de hierro en los puntos en que el rozamiento era algo considerable, y hasta el año de 1767 no se hicieron carriles de hierro colado. Los primeros ensayos se verificaron en Colebrokdale en el Shropshire. En 1805, en la mina de ulla de Walbotle, cerca de Newcastle, se sustituyeron carriles de hierro forjado á los de hierro colado, que parece son preferibles por su mayor duracion, aunque su primer coste sea mayor.

469. Los carriles de madera se han abandonado enteramente, porque son de muy poca duracion, y están sujetos á descomponerse facilmente. Para colocarlos es preciso primero igualar bien el terreno, ó construir un tablado de madera para que tengan buen asiento en toda su longitud. Con las diferencias de la temperatura y del estado higrométrico de la atmósfera, se encorvan y se salen de su lugar, ó bien se abren y se desunen las piezas de que están compuestos. Sin embargo de esto, en localidades en que el hierro tenga un precio

Digitized by Google

muy elevado, podrán emplearse y se emplean con ventaja los carriles de madera, para galerías subterraneas que sean bien húmedas y esten bien ventiladas; pero lo que es sobre la superficie no deben emplearse de ningun modo, á no ser para una línea de acarreo que haya de durar muy pocos años.

La principal desventaja de los carriles de madera es que, sobre ellos una caballería arrastra ó transporta un peso poco mas de doble del que transportaría sobre un camino ordinario, siendo asi que por un camino de hierro transporta el decuplo, y por un canal 60 veces mas.

470. Por lo que hace á la forma de los carriles pueden ser de tres clases:

1.ª *Carriles huecos* (HOLE RAILS.)
2.ª *Carriles planos* (PLATE RAILS.)
3.º *Carriles salientes* (EDGE RAILS.)

Los carriles huecos ó cóncavos, en los cuales vá encajada ó embutída la llanta de la rueda del carro, se han abandonado enteramente, porque con ellos se produce un rozamiento estraordinario.

471. Los carriles planos pueden ser de dos maneras. Pueden reducirse simplemente á dos fajas hechas con planchas de hierro, y colocadas, ó mas bien embutidas en el terreno sin presentar ningun saliente ni desigualdad. Esta clase de carriles sirven para toda especie de carruages, sea la forma de sus ruedas la que quiera, y se hallan establecidos en algunos puntos de Escocia y de Italia. Los carreteros se aprovechan de ellos para subir las cuestas; pero al bajarlas los abandonan, porque entonces les conviene obtener mayor rozamiento, el cual tratan de aumentar como es sabido, por medio de galgas, calzaderas y otras invenciones.

La otra clase de carriles planos, muy usados en la superficie y particularmente dentro de los subterráneos, estan formados por unas barras de hierro C D, Fig. 191, esquinadas en ángulo recto, y con un pequeño reborde para sujetar la rueda. Estos rebordes han de estar opuestos en ambos carriles, bien como en AA′ para que el carro vaya digámoslo asi interiormente, bien

como en BB' para que ruede esteriormente. Este último método es el preferible porque, no es tan susceptible de que los carriles se ensucien y obstruyan con el polvo ó con el barro que salpican las caballerías.

Las barras que constituyen estos carriles suelen tener unas 0,08 (3 pulg.) de ancho para la superficie en que asientan las ruedas, y el reborde 0,04 de ancho y otro tanto de alto sobre dicha superficie. La longitud de estas barras es indiferente, y el ajuste de unas con otras en cada carril, se hace á medios gruesos, sujetándolas con clavos ó con tornillos *ab* embutidos en la barra.

Hay que hacer un buen asiento en el terreno para que descansen á nivel ó con un declive uniforme, y ambos carriles deben quedar bien paralelos. Para todo esto habrá que afianzarlos con tierra ó con cuñas de madera, segun sea la calidad de la roca; y aun por esta razon es preferible la disposicion BB', porque, como el tránsito de los carros tiende en todo caso á unir ambos carriles, basta poner de trecho en trecho unas barras de hierro ó de madera perpendiculares á ellos, para impedir este efecto y conservarlos en su posicion.

Las ruedas de los carros que han de transitar por estos carriles no necesitan tener una forma particular, basta solo que la distancia de una á otra, ó lo que se llama la *pisa* del carro, sea un poco menor que la distancia de un carril á otro en el caso AA', y un poco mayor para la disposicion BB'. Sin embargo, para disminuir el rozamiento, será preferible el que la llanta de las ruedas sea plana, y los clavos que la sujeten esten embutidos en ella.

472. Los carriles salientes son sin duda ninguna los mas ventajosos, y los generalmente usados en la superficie para esas activas comunicaciones en los paises industriales. Sus dos principales ventajas consisten 1.a que no se empuercan con el barro, y por consiguiente no se obstruyen con tanta facilidad como los planos. 2.a En que el rozamiento de las ruedas sobre ellos es cuasi nulo, y los carros pueden rodar con una gran velocidad.

En las minas no tenemos necesidad de esas velocidades

Digitized by Google

tan estraordinarias, y por consiguiente tampoco tienen buena aplicacion las máquinas locomotrices.

473. La forma y disposicion de los carriles salientes suele variar algun tanto, pero la mas generalmente admitida es la representada en Fig. 192. La barra A que constituye propiamente el carril, tiene de 5–6 centésimas de grueso por la parte superior, y en el resto su grueso es 1½ centésima. Estas barras no se hacen mas largas que de una vara ó poco mas; su altura no es la misma en toda esta longitud; por la parte inferior forma una curva convecsa de modo que, en su medio la altura es de 0,11 y en los estremos solo de 0,06. El objeto de darlas esta forma es para economizar material, puesto que en los estremos, como que están sostenidos, no tienen que oponer tanta resistencia como en el medio.

El ingeniero cuando recibe las barras de hierro para los carriles, debe ensayarlas todas ellas una por una, haciéndolas esperimentar una presion seis ú ocho veces mayor que la que ordinariamente han de resistir en el uso á que están destinadas.

474. Para colocar ó armar los carriles, despues de construido y arreglado el camino, se empieza por determinar y trazar las dos líneas paralelas que ellos han de formar, marcando en estas líneas los puntos en que han de ir los soportes.

Estos soportes son unos paralelipípedos de piedra D, de 1–2 pies en cuadro de base, y sobre 1 de altura. Se colocan en los puntos marcados, teniendo el mayor cuidado para que la cara superior quede perfectamente á nivel, ó por mejor decir, paralela á la inclinacion del camino y en la misma superficie de este.

En cada soporte ó sillar se abren dos taladros verticales *b* de unas 0,03 de diámetro, cuyos taladros se rellenan despues con un zoquete proporcionado de madera, para en esta madera asegurar los *coginetes* C, que son unas piezas de hierro fundido sobre las cuales descansa la union de las barras que forman los carriles. Estos coginetes, vistos de planta en Figura 193, tienen dos ahugeros *d*, *e*, que corresponden con los tala-

Digitized by Google

dros de los soportes, y por ellos pasan dos ahujas ó clavos, que son los que hacen la sujecion.

En la canal *fg* del coginete se introducen los estremos ó cabezas de las barras, y quedan armados los carriles. La union de las barras en cada coginete se hace de varios modos: la mas segura, aunque no la mas económica, me parece que es un ajuste de cuadrado con medios gruesos, como está representado en Fig. 194; y para mayor estabilidad se atraviesa un pasador *aa* á través del coginete y de las cabezas de ambas barras. Este pasador está igualmente indicado en la Fig. 192.

475. Desde luego se vé que, las llantas de las ruedas de los carros que han de transitar sobre estos carriles, necesitan tener una forma particular para que ellas no se salgan fuera del carril. Esto se consigue guarneciéndolas de un reborde *aa* Fig. 195, en el costado interior de la rueda, y cuyo efecto es facil de comprender.

476. El camino puede ser de dos vias ó de una via sola, esto es, con cuatro líneas de carriles ó con solamente dos. Cuando es de dos vias, por la una de ellas van los carros en una direccion, y por la otra en direccion contraria. Este método es el mas espedito y el menos espuesto á accidentes y averías; pero su establecimiento ecsige mayor capital, y por consiguiente mayor tráfico para cubrir los intereses ó rédito correspondiente. El camino de Liverpool á Manchester es de dos vias.

Cuando el camino es de sola una via, hay necesidad de establecer unos *apartaderos* de distancia en distancia, sin lo cual no se podrian transitar de ida y vuelta á un mismo tiempo. Estos apartaderos se hacen como demuestra la Fig. 196. Para pasar los carros de una via doble á la sencilla, no hay dificultad ninguna, porque ellos mismos se encarrilan. Tampoco hay dificultad en pasar de la via simple á una de las dobles cuando el carro está tirado por hombres ó por caballerias, porque en ese caso el conductor lo hace encarrilar en la via correspondiente; pero de todos modos, para evitar accidentes, sobre todo si el carro lleva mucha velocidad, se adopta la disposicion siguiente:

Digitized by Google

En primer lugar; en el punto en que se cruzan las dos vias para reunirse en una sola, hay que dejar unos pequeños huecos sin carril, como demuestra la dicha figura, pues de lo contrario no podria pasar el borde de la rueda y daria un salto. Los pequeños trozos del carril *ab* y *cd*, no estan asegurados ó fijos en el suelo como lo general de las barras, sino sujetos únicamente por uno de los estremos *a* y *c*, y de modo que puedan girar, para de este modo poder cortar la comunicacion cuando convenga. Viene el carro por ejemplo, desde A para pasar á la via C, no hay mas que apartar ó hacer girar su trozo *ab*; las ruedas de la derecha no pueden abandonar su carril, y las ruedas de la izquierda pasan por encima del trozo *cd* &c.

477. Sobre caminos de hierro se ha escrito tanto, y se ha hecho tanto, y se está haciendo todos los dias que, no es posible en una obra elemental dar siquiera idea de todo ello; pero no podemos dejar de indicar una invencion muy ingeniosa establecida en el lavadero de la mina de Alte-Modgrube junto á Freiberg, para verificar un cambio repentino de direccion.

Segun hemos indicado (465) una de las principales dificultades que presenta el establecimiento de un camino de hierro y que mas hace subir el coste de su construccion es que, con ellos no se pueden dar cambios repentinos de direccion. Si la vuelta tuviese demasiada curvatura, la velocidad que trae el carro lo sacaria fuera del carril; y sobre todo, las ruedas interiores del carro es decir, las que se hallan en el costado sobre que se dá la vuelta, describen una circunferencia de mucho menor radio que las del otro costado; y no hay remedio, un par de ellas tienen que desencarrilar, ó bien romperse el eje. Hasta ahora la vuelta mas rápida que se daba con un camino de hierro era con una curvatura correspondiente á un radio de 500—600 varas; pero en el dia ha disminuido mucho este límite, en razon á las modificaciones que se han inventado tanto en la construccion de las ruedas, como en la disposicion de los ejes que las sostienen; es uno de los objetos capitales que en el dia ocupan la atencion y el estudio de los ingenieros

Digitized by Google

de la superficie. Dentro de las minas la cuestion varía bastante 1.° no tenemos grandes líneas que recorrer; 2.° no necesitamos velocidades estraordinarias; 3.° el tráfico por los subterráneos no es comparable con el de la superficie, y 4.° tenemos muchas veces precision de dar vueltas repentinas en ángulo recto, por ecsigirlo asi la disposicion de las galerías.

Para satisfacer este último punto han dado en la citada mina de Alte-Mordgrube la disposicion representada en Fig. 197. A es la via de carriles que tuercen en ángulo recto para pasar á B. Para verificar este paso hay un tablero circular C hecho de tablones y maderas fuertes, y que puede girar sobre su centro, teniendo ademas en la parte inferior cuatro ruedas de hierro de pequeño diámetro y de llanta ancha, cuyas ruedas sirven para sostenerlo, y al mismo tiempo no impiden su movimiento de rotacion. Este tablero está cruzado diametralmente por dos carriles, que corresponden exactamente con los de la via. Cuando el carro viniendo de A, llega á colocarse sobre el tablero, se hace girar á este y por consiguiente al carro que está encima, hasta que los carriles toman la posicion marcada por las líneas de puntos; y entonces el carro sigue por la via B. El tablero cargado con el carro gira con suma facilidad.

Por decontado que este medio no puede adoptarse en la superficie, porque los carros se saldrian del tablero en razon á la gran velocidad con que transitan, y que por otra parte, el tablero tendria que ser de unas dimensiones enormes para contener una serie de 40, á 50 *vagones* ó carros grandes que suelen ir juntos; pero para las minas tiene muy buena aplicacion.

### *Carros para caminos de hierro.*

171. Los carros sobre caminos de hierro pueden ser tirados por hombres, por caballerías ó por máquinas locomotrices; estas últimas ya hemos dicho que no tienen aplicacion en los subterráneos.

En un camino de hierro bien horizontal un hombre puede

Digitized by Google

transportar cómodamente hasta 14 quintales, contando el peso del carro en que vá la carga; dos hombres uniendo su accion á un mismo carro pueden transportar 30 quintales, y un caballo 37 qq.

479. Dentro de los subterráneos, como ya sabemos, las galerías tienen siempre una cierta inclinacion favorable al transporte; por consiguiente sobre el camino de hierro en ellas establecido, la carga que puede transportar un hombre ó un caballo es hasta cierto punto indefinida, porque, como las ruedas esperimentan tan poco rozamiento sobre los carriles, el carro rueda por sí mismo, y tanto mejor cuanta mas carga lleva. Una vez puesto el carro en movimiento, su velocidad vá siempre aumentando, y el oficio del hombre ó del caballo es entonces contener, mas bien que empujar; y para que no trabaje tanto en este sentido, hay que aumentar el rozamiento de las ruedas, del modo que diremos despues.

Lo que limita pues la carga de un carro sobre un camino de hierro inclinado, como son los de los subterráneos, es el peso del mismo carro que hay que subir de vacío en contra de la inclinacion ó cuesta arriba; y como los minerales es una mercancía algo tosca, pesada y que no se maneja con la mayor delicadeza; resulta que, los carros para su transporte deben ser muy sólidos y fuertes, y por consiguiente muy pesados: asi es que esta clase de carros suelen pesar de 8—10 arrobas.

480. Las dimensiones del carro, en igualdad de motor, dependerán de la clase de mineral que haya que transportar, esto es, de su mayor ó menor gravedad específica; porque mas espacio se necesita para colocar 40 arrobas si son de ulla, que si son de galena. La capacidad del carro en el primer caso deberá ser seis veces mayor que en el segundo, porque esta es la relacion de las gravedades específicas de ambos minerales.

El carro mas usado en las minas del Harz, sobre todo en la superficie desde la boca mina hasta el descargadero, es el representado en Fig. 198 y Fig. 199. Su capacidad interior viene á ser un metro cúbico, distribuido, contando en medidas españolas, en 1,66 de vara de largo, 1,17 de ancho y 0,23

de profundidad. El mineral contenido viene á pesar unas 100 arrobas.

Este carro es conducido por dos hombres, los cuales cuando van cuesta abajo, es decir, cuando el carro vá cargado, van ellos la mayor parte del tiempo subidos en una tabla ó liston que hace oficio de zaga; y para disminuir su velocidad sirve el freno *bd*, que es una palanca sujeta en el punto *b* de modo que puede girar. Cuando quieren hacer uso de él, lo sacan del gancho *c* en que está sostenido, aprietan el estremo *d* hácia abajo, se comprime la rueda, hay mas rozamiento, y el carro anda mas despacio.

Para descargar este carro con facilidad, el tablero anterior A, es á modo de una portezuela, que se abre sobre dos charnelas *m* y *n*, y que se conserva cerrada por medio de un pestillo *a*. El piso BD del descargadero es movible ó giratorio sobre el punto C, y está asegurado por medio de unas clavijas. Llega el carro, se quitan estas clavijas, y por consiguiente cabecea ó se inclina el tablero con el carro que está encima, entónces abre el carrero la portezuela, y el mineral se descarga por sí mismo.

En otros paises dan formas y disposiciones diferentes, tanto á los frenos como al modo descargar los carros; pero una vez concebido y comprendido el objeto, no es dificil combinar un medio ú otro; por egemplo, haciendo movible el fondo del carro, en cuyo caso no hay necesidad de hacerle tomar la posicion inclinada que hemos dicho antes.

481. En las minas de ulla, donde el tráfico y el acarreo de mineral es tan activo, se encuentra mucha variedad en la forma de los carros, porque en todas ellas han tratado de buscar los medios mas sencillos de verificar el transporte.

Unos de los que mejor llenan su objeto son sin duda ninguna los usados en la mina de Balbenois, junto á Lieja en Bélgica, y que están representados en Fig. 200. Son de hoja fuerte de palastro; y su fondo A, tambien hueco, tiene la forma indicada para que las ruedas no sobresalgan fuera del cajon, y no necesitar mucho espacio para su tránsito. Las ruedas son

Digitized by Google

cuatro, todas ellas iguales, y sus ejes están sujetos esteriormente en el fondo. Sus dimensiones son:

longitud. . . . , . . . . . 1,34
anchura superior. . . . 1,14
idem inferior. . . . . . . 0,67
profundidad total. . . . 0,97
diámetro de las ruedas. 0,36

Cargan 8 hectolitros, y cada hectolitro de ulla pesa 96 kilógramos, de modo que la carga de uno de estos carros viene á ser algo mas de 50½ arrobas. En el borde superior tiene cuatro anillas *a*, que sirven para enganchar los cabos del *cintero* ó maroma de estraccion; de modo que, despues de haber transitado por las galerías, llegan á la cortadura del pozo, y allí son subidos á la superficie para seguir por otro camino de carriles, sin necesidad de trasladar el mineral de una vasija á otra, operacion que hace desmerecer mucho á la ulla por lo que se desmenuza.

432. En Alemania usan una medida particular para la ulla, que es el *Scheffel*, el cual suele variar algun tanto en cada pais. El Scheffel de Silesia tiene 6460 pulg. cúb. de capacidad y lleno de ulla pesa de 180–200 lib. del pais (*) que vienen á ser algo mas de dos quintales españoles.

En las minas de Silesia tienen una especie de carro sin ruedas que llaman *Schlepphund* y que está representado en Fig. 201. Como se vé, tienen en sus dos costados por la parte inferior una plancha de hierro *a*, al modo de unas quillas; sobre las cuales resbalan, siendo empujados por dos hombres desde el sitio de labor, hasta la galería mas inmediata en que haya camino de hierro. Alli son colocados tres sobre un carro de ruedas, (Fig. 202) y son empujados por un hombre hasta la cortadura del pozo, en donde son subidos uno á uno enganchándolos por sus cuatro anillas como en Bélgica.

Cada schlepphund contiene un scheffel de ulla, de modo que un carrero transporta sobre 25½ arrobas de ulla.

(*) Karstens Archiv. 2.tes Band. Berlin 1830.

Digitized by Google

486. Mas en uso estan en el mismo Silesia otros cajones de la igual forma pero cuya cabida es 3 scheffel. Son de madera y reforzados con herrage, pero no tienen quillas. Forman esactamente un cubo, cuyo lado viene á ser 0,83 de vara. Tres de ellos se cargan sobre un carro proporcionalmente mayor que el anterior, y este carro es tirado por dos hombres, ó bien por un caballo.

Los tres cajones vacíos y el carro pesan 48 arrobas, el peso de la ulla es 76 arrobas, es decir que, entre dos hombres ponen en movimiento un peso de 124 arrobas.

Tambien es ingeniosa la disposicion que han adoptado en algunas partes para descargar ó vaciar estos cajones. Cuando el cajon sale á la superficie enganchado en los cabos del cintero, es colocado sobre un carro A, Fig. 203, apoyando únicamente en dos galgas ó soportes B, por medio de dos topes que tiene en sus costados. El cajon tiene entonces una posicion muy poco estable, y para que no balancee y se vuelque, se sujeta al carro por medio de cuatro cadenas *ab*, que enganchan en unas anillas. Cuando se quiere descargar, no hay mas que desenganchar las cadenas, y al menor empuje se pone boca abajo.

484. Tanto en los establecimientos de minas como en los de cualquiera otra clase de industria, debe procurarse siempre reunir lo útil á lo hermoso, es decir que, no solo los edificios y las máquinas, sino todos los utensilios que en ellos se emplean deben tener formas airosas y elegantes; porque, un mueble tosco y ordinario desde luego se está predipuesto á tratarlo mal y con poco cuidado, y ademas, porque esté groseramente construido no por eso es de mayor duracion, antes al contrario. Nuestros maestros en artes los ingleses, se distinguen estraordinariamente en esta parte; no hablemos de los buques de su marina real que parecen casas dispuestas para alojar damas las mas remilgadas. Nada hay mas bonito ni mas elegante que una máquina de vapor salida de los talleres de Inglaterra; todas las barras de hierro estan perfectamente torneadas, y las que sirven de pilares son en forma de columnas del ó

Digitized by Google

den de arquitectura adoptado para toda la máquina; en el dia suelen ser góticas; los cilindros son por el mismo gusto; los balancines y los soportes de formas variadas, representando peces, flores, cabezas de pájaros &c, en una palabra, una máquina de vapor inglesa es un mueble que puede servir de adorno en un estrado; y apesar de eso es una maquina que funciona bien y que llena completamente su objeto, como que surten de ellas á todo Europa, inclusa la Francia. Tambien en Bélgica se construyen muy buenas y muy bonitas, y tal vez con mas equidad.

De Inglaterra han venido los carros representados en Fig. 204, que son los empleados en Adra por conducir la galena desde la máquina de moler hasta los hornos de fundicion. La forma de su lanza, terminada en T, es adecuada para que, los dos hombres que ponen el carro en movimiento tiren de él, ó bien lo retengan cuando adquiere demasiada velocidad.

Todo el carro es de hierro. Su altura total es una vara, y su longitud $1\frac{2}{3}$; las demas dimensiones se pueden ver con la escala. Cargan 100 arrobas de mineral molido; no sé cual es el peso del carro. Son transportados con una velocidad de 4 pies por segundo.

### 4.° *Navegacion.*

---

485. El medio mas económico y mas ventajoso de transportar cualquiera clase de efectos es seguramente por agua; pero la dificultad está muchas veces en poderse procurar esta agua, y que el desnivel entre los dos puntos estremos de transporte sea con corta diferencia el mismo, para poder construir con economía el canal sobre que han de flotar los barcos.

Los canales de navegacion hacen uno de los principales objetos del estudio del ingeniero de caminos y canales, y ecsigen de él diversidad de conocimientos. Tambien en las minas tene-

Digitized by Google

mos canales navegables pero su construccion si se quiere no es tan dificil 1.° porque sus dimensiones tanto en anchura como en longitud, aun cuando salgan á la superficie, nunca son muy considerables; 2.° porque rara vez hay que dar saltos por consiguiente no se necesita establecer esclusas; y 3.° por que el tráfico que por ellos se hace nunca es tan activo como en los destinados al comercio sobre la superficie. Sin embargo de esto, un ingeniero de minas necesita tener ciertas ideas generales de lo que es un canal de navegacion.

486. En los establecimientos mineros se aprovechan todo lo posible las aguas de la superficie para poner en movimiento las diferentes máquinas; estas aguas despues de haber desplegado su accion motriz, podrán utilizarse para el establecimiento de un canal subterráneo.

Tambien hemos visto que, una de las cosas que mas embarazan en las labores subterráneas es el agua, y que para darle salida se construyen grandes socabones ó caños de desagüe, en los cuales ademas vierten las máquinas el agua que elevan de las escavaciones mas profundas que él. Estos caños de desagüe pueden servir, y son los que sirven en efecto para verificar el transporte de los minerales, siendo prolongados sobre la superficie, al modo de un canal ordinario, hasta los establecimientos metalúrgicos ó de beneficio, ó bien hasta los puntos de venta, siempre que la configuracion del terreno se preste á ello.

Tambien presenta sus inconvenientes el establecimiento de un canal subterráneo navegable. El principal es que, como sus dimensiones tienen que ser algo mayores que para un caño ordinario, los gastos de rompimiento suben mas. Por otra parte, si la roca del piso por donde ha de correr el agua no es bien compacta é impermeable, habrá que hacer un fondo artificial para que el agua no se infiltre á las labores inferiores, y se aumentarán los gastos de construccion y de fortificacion. La circunstancia mas ventajosa para hacer navegable un caño de desagüe será cuando la roca que hay que atravesar sea arcillosa, ó bien una arenisca dura y compacta. Por esta

Digitized by Google

razon en los criaderos de ulla que predominan estas dos clases de rocas, es donde se ven establecidos mas caños navegables.

487. Un canal no debe tener el menor declive, debe ser como un estanque sin mas coriente que la precisa para renovar el agua y que no se corrompa; cuyo objeto se satisface cuando hay esclusas, con la cantidad de agua que necesitan estas para el tránsito de los barcos.

Cuando el canal es el caño de desagüe ó una continuacion suya, en este caso, en el estremo esterior se forma un pequeño dique con su correspondiente sangradera, para que el agua no suba del nivel determinado y necesario para la navegacion. Por aquella sangradera sale una cantidad de agua igual á la que entra en el canal del interior de la mina; por consiguiente se ve que, con muy poca cantidad de agua que haga la mina, hay suficiente para hacer navegable un caño.

488. La anchura y altura de un canal subterráneo no pueden ser de consideracion, en razon de lo costoso que es el rompimiento de la roca, y mucho mas si esta es floja y hay que hacer fortificaciones. Para aprovechar toda el agua del canal en la navegacion, se hacen las barcas lo mas anchas posible, esto es, en cuanto puedan bogar sin tropezar contra las paredes de la escavacion, para lo cual hasta una holgura de 0,15 de vara por cada lado.

Si el tráfico ha de ser de mucha consideracion, de modo que los barcos puedan encontrarse de ida y de vuelta, en ese caso, si es en la superficie, se forman de trecho en trecho unos anchurones en los cuales quepan cómodamente dos barcas; y cuando se avistan dos, una que vá y otra que viene, la que primero llega al anchuron, se detiene allí hasta que empareje la otra. Cuando es dentro de la mina suelen hacerse estos anchurones dejando, de la misma roca, una pared ó diafragma vertical en el medio de la galería, cuyo diafragma divide al canal en dos ramales en una cierta longitud, y esta disposicion contribuye ademas, como sabemos, á la buena ventilacion. Para emparejar por estos ramales las barcas que van y las que vienen,

usan los mineros de cuernos ú otro instrumento, con el cual hacen una señal convenida.

489. La forma que acostumbran dar á la seccion transversal de un canal, es un trapecio cuya base superior es mayor que la inferior; y por la diferencia de estas dos bases con respecto á la altura ó fondo del agua, es como los ingenieros de caminos y canales espresan la forma y dimensiones de dicha seccion.

El escarpe de las paredes de un canal debe ser siempre algo mayor que el que necesita la roca para no desmoronarse, porque las aguas contribuyen á aumentar este efecto.

La forma trapecia que se suele dar á la seccion transversal de un canal, no es la mas ventajosa, como lo demuestra claramente la accion del agua, sobre todo si lleva algo de corriente. Cuando se desagua un canal, se vé que sus paredes estan deterioradas, y que los ángulos inferiores estan en gran parte rellenados con el cieno ó depósitos que ha dejado el agua, la cual tiende á dar al fondo una forma curvilínea, y no indiferentemente una curva cualquiera, sino precisamente una catenaria. Con que, lo mas conveniente será dar desde luego esta curvatura al fondo del canal, arreglándola á las dimensiones que él haya de tener (124.) y modificando despues esta curva en la parte superior de las paredes que no ha de cubrir el agua, segun sea la consistencia de la roca.

Para ampliar mas lo dicho sobre navegacion subterránea, pasaremos á presentar algunos ejemplos de los canales subterráneos mas notables construidos en Europa.

### *Canal de la mina de Churprinz cerca de Freiberg.*

490. Diremos de paso que esta mina, en los documentos de oficio, es llamada Churprinz-Friedrich-August-Erbstolln zu Grossschirma, que es un nombre bastante complicado.

El canal está abierto en la ladera izquierda del rio Mulda; tiene de longitud 2600 lachter, ó sean 6198 varas, de las cuales solo 400 son subterráneas. Se alimenta de las aguas

Digitized by Google

que han servido de fuerza motriz en las fundiciones de *Halsbrück*, á cuyo establecimiento pone en comunicacion con la mina, sirviendo ademas el agua para poner en movimiento las ruedas de las máquinas de desagüe y la de estraccion. Se construyó el año 1822, y tuvo de coste 54000 thaler, que vienen á ser unos 778235 rs. vn.

Su anchura al nivel del agua es de 3,33 varas, en el fondo es 2,66, y la profundidad del agua es 1,33.

491. El transporte del mineral se verifica en unas barcas ó *chalanas* de 8 varas de longitud, 2 de anchura en la parte superior, y 1,33 en la inferior, con 0,75 de fondo. En cada una de ellas se cargan de 50—60 quintales de eschlig ó mineral molido y lavado.

Como que cuando van cargadas caminan contra la corriente, y esta es bastante fuerte, se necesitan tres hombres para cada chalana; dos para tirar de ella á la sirga, y uno para regirla.

492. El canal está dividido en dos trozos, ó por mejor decir son dos canales con su toma de aguas diferente. El que viene de las fundiciones se halla 8 varas mas elevado que el que entra la mina, y sus aguas van á servir de fuerza motriz á unas ferrerías alli inmediatas.

Para pasar las barcas de un canal á otro, hay establecido lo que llaman *Hebe-Hauss*, de cuya disposicion se puede tomar una idea, aunque no muy detallada, con la Fig. 205.

El canal inferior está representado en C, y el superior en B. El Hebe-Hauss M es un edificio construido sobre el punto de contacto de ambos canales. En las paredes de este edificio hay establecidas dos cremalleras ó barras dentadas EF, y sobre ellas descansa una especie de carro H con cuatro ruedas dentadas G, que engranan en los dientes de aquellas. Los ejes de estas ruedas pueden girar por medio de un manubrio indepedientemente de ellas, y pueden fijarse con el auxilio de un cliquet.

Llegada la barca A al Hebe-Hauss, es enganchada en las anillas *c*, por cuatro cadenas *b* sujetas en los ejes de las rue-

das. Haciendo girar á los ejes, se arrollan en ellos las cadenas, y la barca es elevada; cuando esta ha subido á la altura correspondiente, se encajan los cliquets, se empuja el carro hácia el canal B, y allí se desengancha la chalana para que continúe su camino.

493. Para moderar la corriente del agua en el canal superior, hay colocadas de trecho en trecho unas compuertas, que vienen á hacer el oficio de esclusas, levantándose por medio de un torno en el momento de pasar la chalana, y volviéndolas á bajar despues inmediatamente. Por este medio consiguen disminuir el desnivel algun tanto, pero siempre queda una corriente demasiado rápida, de modo que, tanto por esta circunstancia como por el tiempo que se emplea en la maniobra del Hebe-Hauss, el resultado es que las chalanas tardan 4 horas en recorrer las 6198 varas desde la mina á las fundiciones, de modo que su velocidad contra la corriente no llega á ser media vara por segundo.

Consiguiente á todo esto, el transporte por el canal de Churprinz no resulta tan económico como en otros canales, pero siempre tiene ventaja sobre el transporte en carros.

494. Por dicho canal se transportan anualmente unos 20) quintales de mineral eschlig. El transporte de cada quintal tiene de coste 1 *gross* y 5 *pheniques*, luego el transporte de los 20) quintales costará 1180 thaler, 13 gr. 4 ph.

El quintal de mineral transportado á la misma distancia con los carros que usan en aquel establecimiento, tendria de coste 2 gr., es decir que el trasporte de los 20) quintales costaria 1667 th. y 4 gr: con que con el establecimiento del canal han conseguido una economía anual de 486 th. 14 gr. 8 ph. ó sean 7032 rs. vn. Si se compara esta economía con lo que ha tenido de coste la construccion del canal, que hemos dicho ser 778235 rs. vn., se ve que, el rédito del capital empleado no llega al 1 por 100, ó lo que es lo mismo, que necesitan 110 años para reembolsarse el capital impuesto y, ¿durará todo este tiempo el canal sin necesidad de obras de reparacion? Por consiguiente el canal de Churprinz considerado bajo este punto

de vista no ha sido una especulacion bien entendida; pero la cuestion varía enteramente de especie si se tiene presente que, aquellas aguas se emplean ademas como fuerza motriz para el movimiento de varias máquinas, lo cual ecsigiría de todos modos la construccion de un canal, aunque no de tan grandes dimensiones; en este caso ya tal vez es una empresa lucrativa.

Con estas observaciones no tratamos de ningun modo juzgar, ni mucho menos criticar las disposiciones de aquellos ingenieros que han sido nuestros maestros; nuestro objeto es únicamente indicar el cómo se deben tratar estas cuestiones económico-mineras.

*Mina de Fuchsgrube junto á Weisstein, distrito de Waldenburg, Silesia superior.*

495. La principal estraccion se hace en esta mina por el caño de desagüe, el cual en 1833 era navegable en una longitud de cerca de 1000 lachter, que vienen á ser unas 2420 varas. A este caño de desagüe afluye subterráneamente otro de 400 varas, tambien navegable

Toda la navegacion es allí subterránea, y al salir á la superficie forma un pequeño estanque de 780 varas cuadradas de superficie, que sirve de puerto y de descargadero para los almacenes que están allí inmediatos. Este estanque tiene una templadera para mantener las aguas al nivel necesario para la navegacion, ó bien para dejar el canal en seco cuando es necesario hacer en él alguna obra.

La altura de la escavacion en el caño de desagüe es de 2,5 varas, su anchura 1,55, y la profundidad del agua 1,17. Los anchurones para cruzarse las barcas que van y vienen, tienen su compartimento ó diafragma longitudinal, lo cual proporciona un buen aire en aquellas inmediaciones. La buena ventilacion no es general en este caño, pues hay trozos en que se apagan las luces por falta de ocsígeno, cosa que seguramente no es perdonable en labores tan bien dirigidas como están aquellas, y con unos ingenieros tan instruidos y tan com-



Digitized by Google

pletos como los que se hallan al frente de aquellos establecimientos, y que dependen de un gobierno tan ilustrado como el prusiano.

496. Las barcas en que se verifica el transporte tienen la forma que está representa da en Fig. 206, A, B, C. Su longitud es 10 varas; su anchura por la parte superior 1,22, y por la parte inferior 1,06; su profundidad 1,17.

El acarreo interior de la mina se hace con carros sueltos, que ruedan sobre carriles de madera. Sobre cada carro se coloca un cajon de 1,17 vara de largo, 0,87 de alto y 0,66 de ancho; resultando una capacidad de 4 scheffel de ulla, que pesan 33 arrobas. Son empujados por dos hombres.

Estos mismos cajones, por medio de un pescante ó grua giratoria, se colocan en las barcas transversalmente, esto es, la longitud del cajon en la anchura de la barca, y en cada una de ellas se ponen 8 cajones de á 4 escheffel y dos de á 3, quedando en ambos estremos un espacio suficiente para que el minero conductor pueda manjobrar. Este minero se coloca á proa, y para dar impulso á la barca, se va agarrando á unos zoquetes *a* de madera que sobresalen de trecho en trecho en el techo de la escavacion.

497. Cada barca resulta pues cargada con 313½ arrobas de mineral, y un solo minero conduce dos barcas enganchadas la una á la otra; es decir que, transporta un peso de 627 arrobas de ulla, y ademas lo que pesan las dos barcas y los 20 cajones.

### *Canal de Sabrze en la Silesia superior.*

498. En el criadero de ulla de Sabrze (pág. 68) hay abierto un caño de desagüe, que en 1833 tenia de longitud 4,984 varas. La mitad de esta longitud es navegable, y la escavacion tiene 2,83 varas de altura y 1,83 de ancho. El nivel del agua sube á 1,39 vara del fondo, pero hay que descontar 0,27 de légamo ó cieno, de modo que la verdadera profundidad del agua es 1,12.

Las chalanas vienen á tener las mismas dimensiones que las

barcas de Fuchsgrube, pero su forma es rectangular, sin popa ni proa; asi es que cargan 11 cajones de á 5 scheffel, componiendo un peso de 457 arrobas de ulla.

Un minero conduce dos chalanas cargadas, y en las 12 horas de entrada puede hacer dos viages de ida y vuelta á 1000 lachter ó sean 2422 varas de distancia. Quiere decir que, descontando 2 horas por descansos, comida y preparativos, resulta que en 10 horas recorre una distancia de 9688 varas; y cuando vá de cargado transporta ó pone en movimiento 914 arrobas de ulla, y ademas el peso de las barcas y cajones.

499. Haciendo uso del pescante, un solo minero puede cargar en las chalanas 80 cajones, en su entrada de 12 horas; pero en el esterior no puede descargar mas que tres chalanas ó sean 33 cajones, porque tiene que vaciar estos y volverlos á cclocar en la chalana.

500. Las aguas de este caño de desagüe siguen por un canal sobre la superficie hasta las fundiciones de hierro de Gleiwitz, distantes 1½ legua española de la boca-mina; pero la mayor parte de la venta de la ulla se verifica á poca distancia de la boca del caño, donde el canal forma un gran anchuron ó puerto, y en cuyo punto ramifica otro canal, que une la navegacion con el rio Oder, y desde alli al mar.

Las barcas para el tráfico por el canal esterior son mayores que las chalanas, y tienen una forma mas adecuada con su popa y proa correspondientes; cada una de estas barcas carga 32 tonnen de ulla, que vienen á pesar unas 640 arrobas. Regularmente van cinco barcas juntas enganchadas unas á otras, conducidas por tres hombres, uno de ellos haciendo oficio de piloto para regirlas, y los otros dos tirando á la sirga; de modo que, cada uno de estos dos hombres pone en movimiento y transporta 1600 arrobas de ulla. Es cierto que tampoco hacen en las 12 horas de trabajo mas que un viaje de cargado, y al otro dia vuelve de vacío para dejar cargadas las barcas para el siguiente.

501. A mitad de la distancia entre Gleiwitz y la boca-mina, forma el canal un salto ó *esclusa en seco*, de $9\frac{1}{2}$ varas de al-

tura, el cual pasan las barcas sobre un plano inclinado, que tiene dos vias de carriles de hierro, en los cuales entran ellas sin necesidad de carretones. El peso de las cinco barcas que bajan cargadas, hace subir á otras tantas vacías, estando enganchadas unas y otras á los estremos de un cable, que se arrolla en un torno ó cilindro que hace parte de una gran maquinaria establecida en el *amont* ó parte superior del plano inclinado. Con esta maquinaria se modifica y regulariza el movimiento de las barcas sobre los carriles, para cuya operacion se ausilian mútuamente los tres hombres que suben y los tres que bajan.

Por el canal subterráneo de Sabrze salen anualmente sobre 1½ millon de quintales de ulla. El tonne de ulla en pedazos grandes se vende á 9½ silbergrossen, y el en pedazos pequeños ó desperdicios á 3½; es decir que viene á salir el quintal español, en pedazos grandes á 30 maravedis, y en pedazos pequeños á 10. Solo estando las labores bien dirigidas, y trabajando en grande escala, se puede producir mineral á precios tan ínfimos.

### *Estanque subterráneo en el distrito de Clausthal.*

502. Ya conocemos (240.) el gran caño de desagüe de Clausthal llamado *Tiefer Georg Stolln.* Posteriormente se proyectó y se emprendió la apertura de otro caño 118 varas mas profundo, y que debia tener unas dos leguas de longitud; pero cuando la obra iba ya algo adelantada, el célebre Reichenbach mejoró y simplificó su máquina de columna de agua. El consejo de minas de Clausthal determinó establecer una de estas máquinas para verificar el desagüe, y suspendió la apertura del nuevo caño, cuyo presupuesto, para lo que faltaba, estaba marcado de 12 á 15 millones de thaler. En setiembre de 1734 ya estaba la máquina en accion, habiendo costado solo 40000 thaler.

El dicho trozo del mismo caño ha quedado para estanque ó recipiente general de aguas, y en él chupa la bomba de la-

Digitized by Google

máquina de columna de agua. Se llama *Wassertrecken-Sohle*, empieza en el pozo de la mina Carolina, y concluye en la de Silberseegen, que viene á ser una longitud de 4160 varas. En esta estension sirve el Wasserstrecken para transporte de minerales de las diferentes minas por donde pasa, los cuales son estraidos á la superficie por el pozo de Silbersegen, en cuyas inmediaciones estan los bocartes, los lavaderos y los hornos de fundicion

Las barcas con que se verifica el transporte cargan cada una 30 tonnen de mineral, pesando cada tonne 8 quintales del pais, de modo que el total de la carga viene á ser unas 1200 arrobas.

### *Canal de Walkden moor en Inglaterra.*

503. Este canal, obra de minería la mas grandiosa sin duda ninguna de cuantas ecsisten, no la conozco mas que por la descripcion que de él hace M. Héron de Villefosse en su tratado *sur la richesse minerale*, y aun él mismo se refiere á otra descripcion anterior publicada en Paris en 1812 por M. Francois-Henri Egerton. Tal vez parecerá algo antigua esta descripcion, pero es de suponer que, aun cuando las escavaciones se hayan estendido mucho desde aquella época, la disposicion del canal no debe haber variado esencialmente, cuando no se ha hecho mencion de ello en los anales de minas de Francia. Lo mas notable de lo que dice Villefosse es lo siguiente:

Este magnífico canal subterráneo lo construyó el duque de Bridgewater en sus minas de ulla del criadero de Walkden-moor, para ponerlas en comunicacion con el gran sistema de canalizacion que une las ciudades de Londres, Manchester, Liverpool y otras, y proporcionar de este modo una facil salida á sus carbones. La obra quedó concluida en 1797.

La parte subterránea tiene varias ramificaciones que, entre todas ellas componen una longitud de 24 millas inglesas, que vienen á ser cerca de 7 leguas españolas. Se halla dividida en dos trozos ó sistemas á distintos niveles, siendo la diferencia

Digitized by Google

de ellos una altura de 106½ pies ingl., y hallándose á una profundidad que varía segun la configuracion del terreno, desde 627 á 1006 pies.

Para comunicar los dos trozos de canal hay un plano inclinado en el mismo sentido de la estratificacion de la roca, y en su parte superior hay dos esclusas de 54 pies de longitud, una para el barco que sube, y otra para el que baja; esta operacion se verifica por medio de una maquinaria mejor entendida y mas sencilla que la de Sabrze. La longitud de este plano inclinado es 454 pies, y forma un ángulo de 20 grados sobre la horizontal.

La altura de la escavacion es constantemente de 8½ pies y su anchura $10\frac{1}{3}$ de modo que, pueden pasar dos barcos en sentido contrario en cualquiera punto. La altura del agua es 3 pies y 7 pulgadas.

El trozo inferior subterráneo sigue despues por la superficie, en una longitud de 35 millas ó sean 10 leguas españolas, hasta unirse con los otros canales entre Worsley y Bolton.

No dice Villefosse cuales sean las dimensiones de los barcos, pero se deja inferir que su longitud no pasará mucho de 30 pies, porque esta longitud es la de los carretones sobre que transitan por el plano inclinado.

| | | |
|---|---|---|
| Un barco vacío pesa. | 80 quintales ingl. | = 353: arrobas. |
| La carga de ulla. . . . . | 240 . . . . . . . . . . | = 1060. |
| Un carreton pesa. . . . . | 100 . . . . . . . . . . | = 441. |
| Total del peso de un cargamento descendente. | 420 qq: ingl. . . . . | = 1854 arrobas. |

En una entrada de 8 horas bajan por el plano inclinado 30 barcos cargados, y suben por consiguiente otros tantos de vacío. Las minas de Walkden-moor producen 200000 quintales ingl., de ulla por semana, que hacen al cabo del año 10.400000 quintales = 45.918080 arrobas castellanas.

Digitized by Google

## *Grua giratoria ó pescante.*

804. Es una máquina muy conocida, y de un uso muy general en toda clase de establecimientos industriales, en los puertos y en las aduanas, para cargar y descargar fácilmente efectos de un peso considerable. Tiene muy buena aplicacion en diferentes oficinas de un establecimiento de minería, y por lo tanto la hemos representado en Fig. 207, vista de frente y de costado.

AB. Es un árbol vertical terminado en dos pivotes sobre los cuales puede girar.

H. Es un brazo de palanca unido al árbol, y que en su estremo tiene una polea fija F.

E. Un torno ó árbol horizontal unido al vertical, de modo que puede girar sobre dos soportes. En uno de los estremos de este torno está fija una rueda dentada C que jira con él.

D. Es un piñon ó linterna, asegurado tambien al árbol vertical, que girando por la accion de una ó dos manivelas comunica su movimiento á la rueda C, y por consiguiente al torno E.

En este torno está sujeto el estremo de una cuerda ó de una cadena *c* que, pasando por la polea fija F, tiene su otro estremo sujeto en *b*, y suspende una polea movible G, en cuyo gancho *a* se asegura el peso que se quiere levantar.

Para maniobrar con esta grua, se amaina la garrucha G hasta enganchar el peso, el cual se levanta despues actuando sobre la manivela del piñon. Cuando se ha elevado lo suficiente, se sujeta la rueda dentada por medio de un cliquet, y entonces se hace girar el todo empujando al peso, lo cual resulta muy fácil, en virtud de la longitud de la palanca H. Una vez girado, se vuelve á amainar, para colocar el peso en el parage que se ha de depositar, ó en el carruage que lo ha de transportar.

805. La forma y dimensiones de esta máquina pueden variar segun el objeto á que ella se destine, pero su esencia consiste en las dos ruedas que engranan y en la polea movible, cuya



Digitized by Google

disposicion hace que con poco esfuerzo se pueda elevar un gran peso.

Cuando el radio del piñon es v. gr. la octava parte del radio de la rueda, si el hombre hace sobre la manivela un esfuerzo como para levantar dos arrobas, levantará 32 arrobas en el gancho de la polea movible; porque, en las ruedas dentadas las resistencias estan en razon inversa de sus radios, y que en la polea movible cada ramal del cordon sostiene la mitad del peso:

### §. 5.º *MODO DE PAGAR EL TRANSPORTE DE LOS MINERALES, Y COMPARACION DEL COSTE QUE RESULTA SEGUN SEAN LOS MEDIOS EMPLEADOS EN VERIFICARLO.*

---

506. Es sabido que en toda obra de construccion, y lo mismo en el laboreo de minas, el transporte de efectos y materiales es muchas veces el artículo que mas figura en el presupuesto de gastos, y por lo tanto será del mayor interés el tratar de verificarlo con toda la economía posible.

El transporte de los minerales, escepto en casos muy particulares, deben verificarse siempre á destajo, fijando por condiciones que, tanto peso de mineral transportado á tanta distancia, se pagará tanto. Pero hay que advertir que, el precio del transporte no debe aumentar á proporcion que aumenta la distancia; es decir que, la misma cantidad de mineral transportada á distancia doble, no debe pagarse doble, sino algo menos; y la razon es porque, cuando la distancia es mayor, hay que cargar y descargar menor número de veces, se trabaja menos, y por consiguiente se pueden hacer proporcionalmente mas viages desplegando la misma cantidad de accion ó de trabajo. En las minas de Alemania han tenido presente esta circunstancia para el arreglo de sus tarifas.

Por ahora trataremos únicamente del trasporte por galerías ó caminos horizontales.

507. El modo de verificar estos pagos varía bastante en ca-

Digitized by Google

da pais; referiremos algunos de los que tenemos conocimiento.

En Ungría, segun Delius, se suele pagar el acarreo de los destrozos ocasionados por rompimiento de un pie longitudinal, es una galería de dimensiones ordinarias, á razon de:

| | |
|---|---|
| Por 100 klafter de distancia. . . . | 17 kreutzer |
| 200. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 31 |
| 300. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 42 |
| 400. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 50 |
| 500. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 58 |

y de aqui adelante, aumentando siempre 8 kreutzer por cada 100 klafter que aumenta la distancia (*)

508. Otro modo de ajustar el acarreo en Ungría, es pagar segun las distancias y segun los viajes que hacen. Por el resultado de una larga observacion han encontrado que, un operario regular, acarreando con carretillas que cargan 10 arrobas, en su entrada de 8 horas (seis de trabajo efectivo) puede transportar:

| | |
|---|---|
| 80 carretillas á | 25 klafter de distancia |
| 75. . . . . . . . . | 30 |
| 60. . . . . . . . . | 40 |
| 50. . . . . . . . . | 50 |
| 40. . . . . . . . . | 75 |
| 35. . . . . . . . . | 100 |
| 25. . . . . . . . . | 150 |
| 20. . . . . . . . . | 200 |

El que llena esta tarea gana su jornal y recibe 17 kreutzer, que vienen á ser unos 2 rs. y 28 mrs; pero se tiene que alumbrar por su cuenta.

Para poder comparar unos con otros el coste de los diferentes métodos de verificar el transporte de minerales, habrá que reducirlos todos á una misma unidad de medida. Se puede escojer cualquiera; adoptaremos la de 200 arrobas transportadas á 200 varas de distancia, y veremos en cada caso lo que cuesta este transporte en moneda española.

(*) Los pesos, medidas y monedas usadas en Ungría son las de Viena.



Digitized by Google

En el caso presente v. g. tomando por base el término medio de 40 carretillas transportadas á 75 klafter, haremos el cálculo siguiente:

Las 40 carretillas componen una carga de 400 arrobas: los 75 klafter equivalen á 170 varas, con que tenemos que, el transporte de 400 arrobas á 170 varas cuestan 2 rs. 28 mrs.; luego 200 arrobas á 170 varas cuestan 1 real y 14 mrs., y por último

200 arrobas á 200 varas cuestan. . . . . . . . . 1 real 28 mrs.

509. En Almaden no está esta parte muy bien estudiada. El acarreo del mineral por los subterráneos y su estraccion por el pozo, la introduccion de herramientas y utensilios y su transporte por los subterráneos acostumbra á darse á subasta todo reunido, siendo de cuenta del establecimiento la fuerza motriz de la máquina de estraccion; pero no hay una tarifa ni observacion esacta que sirva de base á estas subastas. Los asentistas escogen para verificar el acarreo interior los hombres mas fuertes y robustos, y les pagan 8 rs. de jornal por una entrada de 6 horas, que hacen 5 de trabajo efectivo. Por consiguiente, no se puede saber lo que cuesta al establecimiento el transporte del mineral arreglado á las bases que hemos sentado; en todo caso lo que se puede saber es lo que les cuesta á los asentistas, que siempre es menos.

Por una observacion hecha de mi órden en setiembre de 1837 resultó que, entre cuatro carreros en una entrada transportaron 42 carretillas de zafra á la cortadura del pozo de San Teodoro, desde una distancia de 122 varas; y en la misma entrada, 2 carreros condujeron 58 carretillas de materiales, desde dicha cortadura á una distancia de 62 varas. Haciendo los cálculos correspondientes, y teniendo presente (456.) que una carretilla de Almaden carga 8 arrobas, y que el jornal de un carrero es 8 reales resulta que, en el primer caso las 200 arrobas á 200 varas costaron 31 reales 7 mrs. y en el segundo caso 22 reales 7 mrs.; tomando el término medio tenemos que,

200 arrobas á 200 varas cuestan. . . . . . .26 reales 21 mrs.

Bien sé yo que estas dos observaciones no son suficientes

Digitized by Google

para establecer un dato fijo y general, pero estoy persuadido que es el establecimiento en que mas caro cuesta el transporte interior de los minerales, aun teniendo en consideracion que dentro de aquella mina la mano de obra debe costar triple que en cualquiera otra que no sea tan perjudicial como ella (373.) Lo que es el jornal del carrero está bien arreglado porque, si en Ungría y en Sajonia es 2 reales 27 mrs., en Almaden debe ser 8 rs. 16 mrs. puesto que el operario no puede hacer mas que diez entradas al mes sin perjuicio de su salud.

510. Para el transporte con carros ó perros úngaros tienen en Ungria una tarifa muy detallada, cuya base es, transportar á 80 klafter de distancia 38 perros si el camino es bueno, y 36 si el camino es malo. Uno de aquellos perros carga 4½ quintales ó sean 18 arrobas de mineral; y la carga de dos perros hacen la de un saco ó costal, que es en lo que sale el mineral á la superficie y por ellos se cuenta la tarea que han hecho los carreros.

Bajo esta base, y teniendo presente que el jornal de un carrero es de 2 rs. 28 mrs. resulta que, en camino bueno

200 arrobas transportadas á 200, varas cuestan 0 rs. 30 mrs. y en camino malo

200 arrobas á 200 varas cuestan. . . . . . . . . 0 rs. 32 mrs.

511. En Sajonia quisieron adoptar el sistema de Ungria, y tomaron por base para su tarifa que era preciso transportar 40 perros de á 3 kübel, ó sean 560 arrobas de mineral, á 40 lachter de distancia para ganar un jornal de 4 grossen (2 rs. 14 mrs). Pero á poco tiempo de puesto en práctica, vieron que sus carreros no podrian llenar aquella tarea, bien porque los úngaros sean naturalmente mas robustos, ó bien porque ellos beben vino que el operario sajon no lo prueba en su vida; y tuvieron que disminuir de una tercera parte el trabajo marcado en la tarifa úngara, es decir que, la base la pusieron en transportar 80 kübel (406,4 arrobas) de mineral á 40 lachter de distancia, lo cual dá en nuestra unidad comparativa

200 arrobas á 200 varas cuestan . . . . . . . 2 reales 25 mrs.

La tarifa que actualmente rige en Sajonia es la siguiente:

*Regulacion de la tarea que debe verificar un carrero en una entrada de 8 horas, transportando con perros úngaros, para ganar su jornal de 4 grossen=2 rs. 14 mrs.*

| Distancia á que se verifica el transporte. | Mineral transportado. | Número de perros que componen. | Distancia á que se verifica el transporte. | Mineral transportado. | Número de perros que componen. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Lachter.* | *Kübel.* | | *Lachter.* | *Kübel.* | |
| 0 á 1 | 104 | $34\frac{2}{3}$ | 106 á 113 | 56 | $18\frac{2}{3}$ |
| 2 » 3 | 102 | 34 | 114 » 122 | 54 | 18 |
| 4 » 6 | 100 | $33\frac{1}{3}$ | 123 » 132 | 52 | $17\frac{1}{3}$ |
| 7 » 9 | 98 | $32\frac{2}{3}$ | 133 » 142 | 50 | $16\frac{2}{3}$ |
| 10 » 12 | 96 | 32 | 143 » 154 | 48 | 16 |
| 13 » 15 | 94 | $31\frac{1}{3}$ | 155 » 166 | 46 | $15\frac{1}{3}$ |
| 16 » 18 | 92 | $30\frac{2}{3}$ | 167 » 179 | 44 | $14\frac{2}{3}$ |
| 19 » 21 | 90 | 30 | 180 » 194 | 42 | 14 |
| 22 » 24 | 88 | $29\frac{1}{3}$ | 195 » 210 | 40 | $13\frac{1}{3}$ |
| 25 » 28 | 86 | $28\frac{2}{3}$ | 211 » 228 | 38 | $12\frac{2}{3}$ |
| 29 » 32 | 84 | 28 | 229 » 248 | 36 | 12 |
| 33 » 36 | 82 | $27\frac{1}{3}$ | 249 » 270 | 34 | $11\frac{1}{3}$ |
| 37 » 40 | 80 | $26\frac{2}{3}$ | 271 » 295 | 32 | $10\frac{2}{3}$ |
| 41 » 44 | 78 | 26 | 296 » 324 | 30 | 10 |
| 45 » 49 | 76 | $25\frac{1}{3}$ | 325 » 356 | 28 | $9\frac{1}{3}$ |
| 50 » 54 | 74 | $24\frac{2}{3}$ | 357 » 394 | 26 | $8\frac{2}{3}$ |
| 55 » 59 | 72 | 24 | 395 » 437 | 24 | 8 |
| 60 » 64 | 70 | $23\frac{1}{3}$ | 438 » 489 | 22 | $7\frac{1}{3}$ |
| 65 » 70 | 68 | $22\frac{2}{3}$ | 490 » 551 | 20 | $6^2/_3$ |
| 71 » 76 | 66 | 22 | 552 » 627 | 18 | 6 |
| 77 » 83 | 64 | $21\frac{1}{3}$ | 628 » 721 | 16 | $5\frac{1}{3}$ |
| 84 » 90 | 62 | $20\frac{2}{3}$ | 722 » 843 | 14 | $4^2/_3$ |
| 91 » 97 | 60 | 20 | 844 » 1005 | 12 | 4 |
| 98 » 105 | 58 | $19\frac{1}{3}$ | | | |

Digitized by Google

512. Si en esta tabla consideramos la tarea que tiene que hacer un carrero para ganar su jornal cuando la distancia es 21 lachter, y la comparamos con la que tiene que hacer cuando la distancia es v. gr. 210 lachter; haciendo los cálculos correspondientes vemos que, en el primer caso las 200 arrobas á 200 varas, tienen de coste 4 rs. 23 mrs. y en el segundo solo 1 rl. 3 mrs. O bien haciendo la cuenta de otro modo; los 30 perros transportados á 21 lachter tienen de coste 2 rs. 24 mrs.; la misma cantidad de mineral transportada á 210 lachter de distancia tiene de coste, segun la tabla, 6 ½ reales; porque en esta distancia la tarea es 13½ perros; luego el precio no llega á ser el triple del anterior, siendo asi que la distancia es diez veces mayor.

De donde se sigue que, para distancias cortas el transporte sale proporcionalmente mucho mas caro que para distancias largas. Lo mismo se verifica en la superficie en todos los tráficos del comercio.

513. Aunque en la citada tarifa se ven figurar distancias hasta de mil lachter, nunca se hace andar toda ella de cargado á un mismo carrero. El hombre desplega mejor su accion trabajando por intervalos, es decir que su esfuerzo no sea constantemente el mismo durante todo el tiempo del trabajo. Las caballerías mulares es por el contrario, les conviene mejor desplegar todo el trabajo de una vez y sin interrupcion.

En el acarreo de minerales, sea con carros ó con carretillas, cuando la distancia es algo considerable se divide en trozos ó *trechos*, cada uno de los cuales recorre un carrero cambiando con su vecino un carro vacío por otro cargado, y vice versa. Este modo de verificar el transporte se llama en minería *trechear*.

La distancia de los trecheos no debe bajar de 60 varas, ni pasar de 100.

514. En las minas de ulla de Anzin junto á Valenciennes en Francia, se paga el acarreo del mineral del modo siguiente:

Durante una entrada, que suele ser de 9—12 horas segun la profundidad de las labores, deben salir por el pozo de estraccion 75 toneles de mineral. Cada tonel tiene 5 hectolitros de capacidad, y pesa cargado de ulla 520 kilogramas; de modo que, cada hectolitro de ulla viene á pesar 104 kilogramas ó

sean 226 lib. españolas. Para abastecer esa cantidad de mineral, que llaman una *coupe*, se señalan uno ó mas sitios de labor segun sea la potencia de la capa de ulla, esto es, si la capa es poderosa bastará con un sitio, si es delgada habrá que arrancar en varios sitios á un tiempo, algunas veces hasta en 15.

Esta tarea la acarrea desde el sitio ó sitios de labor hasta el cargadero del pozo, una compañía ó sociedad de carreros, cuyo número no baja por lo general de 87, y que pasa de 100 cuando la localidad es desventajosa. Cada carrero transporta á la vez un hectolitro de ulla.

Para arreglar el pago han tomado por base que, un carrero para devengar su jornal, debe transportar durante la entrada los 375 hectolitros de ulla á 20 metros de distancia, de modo que cuando se arranca de solo un sitio de labor, entonces se coloca un carrero á cada 20 metros en toda la distancia desde el sitio al pozo. Cuando los sitios de labor son dos, en ese caso de cada uno de ellos tiene que salir la mitad de la coupe, y los carreros se dividen en dos tandas para formar los trecheos; y como en cada línea no se ha de hacer mas que la mitad del número de viages que en el caso anterior, los trechos tienen que ser doble de largos, es decir de 40 metros.

515. El coste del acarreo de la ulla en las minas de la Silesia superior, lo podemos calcular con mas esactitud tomando los datos de los archivos de Karsten. T. II. 1820.

En aquellas minas el acarreo se hace (498.) en cajones de á 5 scheffel, cuyo contenido de ulla pesa 10,39 quintales españoles. Este cajon cuesta de primera compra 6 thaler, cuyo interés anual al 5 por 100 es. . . . . 0 thaler — 7 gross — 2 $\frac{2}{5}$ pheniques.

| | thaler | gross | pheniques |
|---|---|---|---|
| La conservacion de este cajon cuesta al año. . . . . . . | 1 | » | » |
| El carro sobre que vá el cajon cuesta de primera compra 24 thaler, cuyo rédito anual es. . . . . . . . . . . . . . . | 1 | 4 | 9 $\frac{3}{5}$ |
| Su conservacion anual. . . | 3 | » | » |
| Suma. . . . . . . | 6 | » | » |

La tarea de un carrero en una entrada de 12 horas es, transportar 80 carros ó sean 400 scheffel á 100 lachter de distancia y tienen de coste:

| | | |
|---|---|---|
| Por jornal del carrero. . . . . . . . . . . | 5 gr.— | $2\frac{2}{5}$ ph. |
| Por id. de tres cargadores. . . . . . . . | 15 — | $7\frac{1}{5}$ |
| Por iluminacion. . . . . . . . . . . . . . . | 4 — | $1\frac{3}{5}$ |
| Suma. . . . . | 24 | $11\frac{1}{5}$ |

Contando al cabo del año 280 dias de trabajo, porque es pais católico, resulta que un carrero transporta en el año $400\times280=112000$ scheffel, á 100 lachter; y para verificar este servicio sin interrupcion necesita tener á su disposicion 4 carros y 4 cajones, pues de lo contrario tendria que pararse mientras se hacian las composturas (*); por consiguiente el coste anual de los utensilios necesarios para el transporte de los 400 scheffel á 100 lachter

| | | | |
|---|---|---|---|
| Será. . . . . . . . . . . . . . . . | 24 th. | — 0 gr. | — 0 ph. |
| La conservacion de los 100 lachter de carriles de hierro es al año. . . . . . . . . . . . . . . . . | 6 | — 22 | — 8 |
| Luego el coste total. . . . . . | 30 | — 22 | — 8 |

que dividiendo por 280, hace para cada entrada 2 gr. $7\frac{4}{5}$ ph, que sumados al importe de jornales y alumbrado, componen un total de 1 thal. 3 gr. y 7 ph.=16 rs. 18 mr.

Los 400 scheffel hacen 3324 arrobas, y los 100 lachter de Silesia son 2422 varas castellanas; luego, haciendo los cálculos correspondientes resulta que

200 arrobas transportadas á 200 varas cuestan. . $27\frac{1}{2}$ mrs.

516. En el mismo distrito de minas un caballo tira de un carro cargado con dos cajones de á 5 scheffel, y su tarea es transportar 250 scheffel de ulla á 300 lachter en una entrada de 12 horas.

(*) Esta condicion la encuentro un poco exagerada. Aunque Karsten dice 10 cajones yo no pongo mas que 4, porque los otros 6 deben cargarse á la navegacion.

El primer coste del carro es 35½ thaler, cuyo rédito anual es. . . . 11 th. — 18 gr. — 7 $\frac{1}{5}$ ph.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Su conservacion anual. . . . . | 10 | » | » |
| Rédito del coste de los dos cajones. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0 | 14 | 4 $\frac{4}{5}$ |
| Su conservacion. . . . . . . . . . . | 2 | » | » |
| Suma. . . . . . . . . | 24 | 9 | » |

Para el servicio que hace un caballo hay que tener tres carros disponibles con sus correspondientes cajones, luego el coste anual de los utensilios será 73 th. — 3 gr. — 0 ph.

| | | | |
|---|---|---|---|
| á lo cual hay que añadir, por la conservacion anual de 300 lachter de carriles. . . . . . . . | 6 | 22 | 8 |
| Suma. . . . . | 80 | 1 | 8 |

que divididos por 280 dias de trabajo hacen para cada entrada 0 — 6 — 10 $\frac{3}{5}$

Ahora, para el gasto de jornales hay que tener en cuenta:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Por manutencion y cuidado del caballo incluso el jornal del conductor, resulta al dia. . . . | 0 th. | 23 gr. | 0 ph. |
| Por dos cargadores. . . . . . | 0 | 10 | 4 $\frac{4}{5}$ |
| Por iluminacion. . . . . . . . . | 0 | 2 | 0 $\frac{4}{5}$ |
| Suma. . . . . | 1 | 11 | 5 $\frac{3}{}$ |

que reuniéndola á la partida anterior, resulta 1 th., 18 gr., 4 $\frac{1}{5}$ ph.=25 rs., 18 mrs. para el coste de transportar 250 scheffel a 300 lachter, ó sean 2078 arrobas á 7266 varas; y haciendo los cálculos correspondientes resulta por último que,

200 arrovas á 200 varas cuestan . . . . . . . . . . . . . . . . 22½ mrs.

417. En Künisgrube el transporte desde la boca-mina á los hornos de fundicion, se verifica sobre un camino de hierro en

Digitized by Google

el cual, un caballo fuerte tira de tres carros de á dos cajones de á cinco scheffel, que componen una carga de 450 arrobas de ulla; y el precio del transporte viene á ser

200 arrobas á 200 varas cuestan . . . . . . . . . . . . . . . . 7 mrs.

Desde luego se vé que en la superficie son los transportes proporcionalmente mas baratos que en los subterráneos; y la razon es, porque en la superficie se pueden usar carruajes de mayores dimensiones y el transporte hacerse mas en grande, de lo cual resulta siempre una economía. De todos modos es bien palpable la ventaja de los perros úngaros sobre las carretillas, y la de los caminos de carriles sobre los caminos ordinarios.

En las minas de Silesia han ensayado aumentar un cajon de 5 scheffel á los dos que transporta un caballo, lo cual reduciria á 16 mrs. las 200 arrobas transportadas á 200 varas; pero resultó que, como el terreno ó por mejor decir, la caja de los criaderos de ulla es generalmente de roca floja y poco consistente, el camino cedia bajo el peso de la carga y los carriles se desconcertaban. Lo mismo se observa en las minas de Lieja sin ser la carga tan pesada. Por lo demas, cuando haya roca firme, se puede hacer el transporte sobre camino de carriles dentro de los subterráneos, tan económico como en la superficie.

518. En los subterráneos lo que trae una grandísima ventaja es transportar sobre agua, como vamos á ver, tomando por egemplo el canal de Sabrze.

Segun hemos dicho (498.) un minero conduce alli dos chalanas, que componen una carga de 914 arrobas de mineral; y su tarea en la entrada de 12 horas es, hacer dos viages á 1000 lachter de distancia, ó sean 2422 varas.

Para saber lo que esto cuesta diremos primero que, el precio de una chalana es de 90 thaler, el de los 11 cajones 66 lachter y, suponiendo que haya un juego de repuesto, el coste total será 312 thaler. A esto hay que agregar el precio de las dos gruas para cargar y descargar las chalanas, y que han tenido de coste 306 thaler; con que en suma tenemos 618 th.



Digitized by Google

| | |
|---|---|
| cuyo rédito anual es. . . . . . . . . . . . . . . | 31 th. 0 gr. 0 ph. |
| Por conservacion de las dos chalanas. . | 6 —— 0 —— 0 |
| Por idem de las dos gruas. . . . . | 22 —— 0 —— 0 |
| Por idem de los 22 cajones. . . . | 22 —— 0 —— 0 |
| Por idem de herramientas, cuerdas y otros utensilios . . . . . . . . . . . . . . . | 24 —— 0 —— 0 |
| Suma. . . . . . . | 105 —— 0 —— 0 |
| que, repartidos entre los 280 dias de trabajo hacen para una entrada. . . . . . . . . . | 0 th. 9 gr. 0 ph. |

Por lo que ascienden los jornales correspondientes hay que cargar

| | |
|---|---|
| Por jornal de un barquero. . . . . . . . . | 0 —— 5 —— $2\frac{2}{5}$ |
| Por medio jornal de un cargador. . . . . | 0 —— 2 —— $7\frac{1}{5}$ |
| Por $1\frac{1}{4}$ id. de un descargador. . . . . . . | 0 —— 6 —— 6 |
| Por alumbrado. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0 —— 1 —— $6\frac{2}{5}$ |
| Suma. . . . . . . . . . | 0 —— 15 —— $10\frac{1}{5}$ |

y agregando esta suma á la partida anterior, resulta que, el transporte de las cuátro chalanas, ó sean 1828 arrobas de mineral á 2422 varas de distancia, tienen de coste 1 th.—0 gr.—$10\frac{1}{5}$ ph. =15 rs., y por consiguiente:

Las 200 arrobas á 200 varas no llegan á costar. . $\frac{1}{7}$ de mrs.

519. En el canal de Walkden-moor (503.) el transporte debe resultar todavía mas económico porque cada barca carga 1060 arrobas, y aun cuando en Inglaterra sean los jornales algo mayores que en Silesia, sin embargo, un aumento de dos ni tres reales en el jornal del barquero, influye muy poco en nuestra unidad de transporte cuando las cargas son tan considerables.

Todavía mas barato será el transporte en el canal ó estanque subterráneo de Clausthal, pues como hemos dicho (502.) una barca vá cargada con 1200 arrobas. No tengo los datos suficientes para hacer el cálculo.

Digitized by Google

# CAPITULO II.

## *ESTRACCION DE LOS MINERALES POR ESCAVACIONES VERTICALES.*

### §. 1.° *Medios de transporte.*

520. Para verificar verticalmente la estraccion de los minerales, es indispensable el establecimiento de una máquina mas ó menos complicada, y puesta en accion por un agente cualquiera.

Lo esencial de esta máquina, sea ella de la clase que quiera, consiste en un torno, ó mejor diremos en un *árbol* horizontal ó vertical, en el cual se arrolla una cuerda, y al estremo de esta cuerda se engancha una vasija que es ascendida cuando el árbol gira sobre su eje.

521. La forma y dimensiones de esta vasija varian mucho en cada pais minero. En algunas minas de Ungria se usan sacos de lona que, llenos de mineral pesan 36 arrobas. Este método no es seguramente recomendable de ninguna manera, la única ventaja que tiene es, que aquellos sacos conforme salen de la mina se pueden cargar sobre caballerías para transportarlos á las fundiciones ó al mercado de venta; pero un pais en el cual la conduccion de los efectos se hace esclusivamente á lomo de caballerías, manifiesta desde luego que está poco adelantado en industria. El transporte á lomo es el mas caro de todos los modos de transportar; pero en un pais donde no haya caminos, y sobre todo si es montañoso, no se puede pasar por otro punto.

Digitized by Google

Los sacos se emplean tambien en las minas de ulla de Villanueba del Rio junto á Sevilla, y en varias minas de ulla en Francia (*).

522. En Almaden la estraccion por el pozo de san Teodoro se hace en unas grandes espuertas llamadas *soleras*, que pesan de por sí 2 arrobas, y contienen término medio 50 arrobas de mineral. A 20 arrobas de mineral llaman un *peso*, por consiguiente una solera hace 2½ pesos. Desde luego se vé que todo esto necesita una reforma, como ya la tiene propuesta nuestro gefe el señor Cavanillas, primero, porque es muy poco peso para subir por aquella máquina; y segundo porque es una relacion de unidades de peso particular, que no trae ventaja ninguna.

523. En otras partes se usan cubos ó pozales de la misma forma que los ordinarios, pero de dimensiones proporcionadas á la intensidad del agente que pone la máquina en movimiento.

Estos cubos son cilindros ó bien cónicos, pero tambien se hacen prismáticos cuadrangulares, y entonces se llaman *toneles*, como es el reprsentado en Fig 212. Cuando los toneles han de servir para roca muy dura ó mineral que contenga mucha ganga, en ese caso hay que construirlos con tablones fuertes, hasta de 0,08 de grueso y bien guarnecidos con herraje. Por lo demas, su forma suele variar algun tanto, sobre todo la boca la ponen sesgada para mayor facilidad en el cargar y descargar: volveremos sobre ellos mas adelante.

524. El mejor medio de transporte para la estraccion por escavaciones verticales, es usar la misma vasija que se emplea en las galerías, como hemos visto que se verifica en Lieja, en Silesia &c. y como se verifica y como debe verificarse en toda mina que esté dirigida por buenos ingenieros. Es una economía grande el que la vasija sea una misma para toda clase de transportes, tanto dentro como fuera de los subterráneos; porque, segun tenemos ya demostrado, lo que mas hace subir el precio del transporte es, tener que andar cargando y descargando muchas veces el mineral, prescindiendo de lo que se desperdicia y lo que se deteriora en estos trasvasamientos.

(*) Brard. *Elements pratiques d' exploitation*. pag. 219.

Digitized by Google

## *Tiros ó Cinteros.*

525. De ambos modos se denomina en minería la cuerda, sea de la clase que quiera, que se arrolla en el árbol y hace subir las vasijas de estraccion del mineral; pero como las vasijas suelen ser dos, una que sube cargada con minerales, y la otra que baja de vacío ó bien cargada con materiales y utensilios, resulta que, el cintero debe estar arrollado sobre el árbol de modo que sus dos *cabos* ó estremos queden libres. Tambie se acostumbra á poner dos cinteros independientes, uno para cada vasija; y en ese caso el un cabo de cada cintero tiene que estar sujeto al arbol de un modo fijo, y colocados ambos de modo que cuando el un cintero se arrolla el otro se desarrolle. Este método tiene la ventaja de no necesitarse un tiro de tanta longitud; pero de todos modos, cuando la profundidad es algo considerable no basta la superficie del árbol para contener todo el cintero, y tiene este que arrollarse sobre sí mismo un cierto número de veces; lo cual hace variar el diámetro del arbol, y por consiguiente la resistencia que tiene que vencer el motor, durante el tiempo en que se verifica cada tirada.

Los cinteros pueden ser hechos de sustancias vejetales, de sustancias animales ó de sustancias metálicas. En el primer caso se emplea el esparto ó bien el cáñamo, y comprende todo lo que se llama *cuerda*, *soga*, *maroma* y *cable*, cuyas denominaciones clasifican hasta cierto punto el grueso y la longitud del cintero vegetal.

Las sustancias animales empleadas para cinteros son ó bien el cuero, y entonces se llaman *correas*, ó bien las cerdas ó crines del ganado caballar; pero estas tienen muy poco ó ningun uso en minería, sobre todo para cinteros.

Entre las sustancias metálicas solo el hierro tiene una aplicacion económica para la construccion de cinteros. Cuando estos están formados por una serie de anillos enlazados unos en otros, se dice una cadena. Una porcion de alambres de hierro plegados ó retorcidos unos sobre otros forman un *cable de hier-*

Digitized by Google

*ro*, que tiene muy buena aplicacion en la maquinaria.

El estudio de todas estas diversas clases de cinteros, sus formas, sus dimensiones, su resistencia, su aplicacion, etc. etc. constituye de por sí una parte muy principal de la mecánica aplicada. Diremos solo algo de lo que tiene mas interés para nuestro objeto.

526. Las cuerdas son en general de cáñamo; las de esparto resultan muy toscas, y por consiguiente no pueden tener aplicacion sino á máquinas groseras, y aun esto en los paises en que dicha planta crece espontáneamente, como sucede en algunas provincias de la Península; porque entonces resultan las cuerdas de un precio muy módico.

Todo cintero, y por consiguiente las cuerdas, debe reunir á su mucha resistencia para sostener pesos, la mayor flecsibilidad posible para poderse arrollar sobre el árbol de la máquina. Pero, particularmente en las cuerdas, estas dos condiciones estan en oposicion, ó son contrarias la una á la otra; porque, para que una cuerda resista mas, necesita ser mas gruesa; y cuanto mas gruesa sea, mas resistencia presentará al plegarse, circunstancia que se designa con el nombre de *rigidez* de la cuerda, y es una fuerza *pasiva* que se opone á la accion desplegada por el motor.

Para disminuir el efecto de la rigidez, habrá que hacer de modo que, la cuerda se plegue lo menos posible, es decir que, cuanto mas gruesa sea la cuerda, tanto mayor debe ser el diámetro del árbol sobre que ha de arrollarse.

527. La rigidez de las cuerdas se mide del modo siguiente. Un cilindro de un cierto diámetro y colocado horizontalmente: sobre este cilindro se pone un trozo de la cuerda que se quiere ensayar, y en cada uno de sus estremos se suspende un peso, que se puede aumentar ó disminuir á discrecion. El peso necesario en cada estremo para hacer que ambos ramales de la cuerda caigan verticales y por consiguiente paralelos, es el peso que mide la rigidez de la cuerda.

Muchos son los ingenieros y los profesores que se han ocupado de hacer esperimentos para determinar la rigidéz de las cuer-

das, en proporcion á su diámetro y al diámetro del arbol sobre que se arrollan. Los siguientes datos pueden servir de base en la práctica para el cálculo de las máquinas.

*Rigidéz de las cuerdas en un cilindro de 1 pié de diámetro*

| Diámetro de la cuerda. | Peso para vencer la rigidéz. |
|---|---|
| 12 *lín.* | 45 *lib.* |
| 15 | 74 |
| 18 | 112 |
| 21 | 154 |
| 24 | 196 |
| 27 | 250 |

528. Otra cosa que hay que considerar en las cuerdas aplicadas á las máquinas es el *rozamiento*, esto es, la resistencia que oponen á resbalar sobre una superficie. Esta resistencia que para ciertas aplicaciones es perjudicial, en el caso presente de los cinteros nos es muy ventajosa, porque contribuye á sostener el peso que se trata de hacer subir.

Esta resistencia del rozamiento depende del diámetro del árbol, del diámetro de la cuerda y de la cantidad de peso que sostiene la cuerda, cuyo peso la aprieta y comprime contra el árbol. Para aumentar dicho rozamiento, é impedir que la cuerda resbale por la accion del peso suspendido, basta aumentar el número de vueltas que ella está arrollada sobre el árbol. No son necesarias muchas para conseguirlo.

Una cuerda de 0,006 de vara ($2\frac{3}{5}$ lineas) de diámetro, sobre un cilindro cuyo diámetro sea 0,13 ($4\frac{3}{5}$ pulg.), con solo estar aplicada sobre el cilindro es decir, que dé media vuelta poniendo un peso de 2 libras en el un estremo, sostendrá 6 libras en el otro estremo de la cuerda; y si se arrolla $4\frac{1}{2}$ vueltas sostendrá 198 lib.

829. Los cinteros de cáñamo son por lo general cilíndricos y compuestos de varios ramales que, retorcidos aisladamente se plegan y adhieren unos con otros cuando se ponen unidos. El número de ramales dependerá del grueso que se quiera dar al cintero, y este grueso estará en relacion con el peso que él haya de sostener.

Se ha visto por el resultado de varios esperimentos que, el peso que un cintero de cáñamo puede sostener, es proporcional al cuadrado del número de pulgadas que tiene su circunferencia; y que, el cintero puede sostener tantas veces 500 lib. cuantas pulgadas cuadradas resultan de multiplicar dicha circunferencia por sí misma. Lo aclararemos con un ejemplo.

Supongamos un cable cuyo diámetro sea $1\frac{1}{4}$ pulg: su circunferencia será cuasi esactamente 4 pulg. cuyo cuadrado es 16; por consiguiente, el peso que este cintero puede sostener es $16 \times 500 = 8000$ lib $= 320$ arrobas; pero en su aplicacion no se le debe cargar mas que la sesta parte de este peso á lo sumo, porque de lo contrario al menor desgastamiento se rompería.

832. Los ramales de que se compone un cintero de cáñamo reciben distintos nombres, y se unen y arreglan de diferentes modos.

El cintero de la máquina de estraccion de Almaden se compone de 4 *liñuelos principales*, cada liñuelo de 4 *compañeros* y cada compañero de 15 *hilos*; resultando por consiguiente 240 hilos, que forman un cilindro cuyo diámetro es de 0,55 á 0,61 de vara.

La longitud de este cintero es de 420 varas. Su peso total es algo mas de 67 arrobas, es decir que, cada vara longitudinal pesa 4 lib.

El precio del cáñamo no es siempre el mismo, por consiguiente variará tambien el coste del cintero. El que se construyó en 1837, con cáñamo de Granada que es el que allí dá mejores resultados, tuvo de coste 6965 rs. vn. habiéndose pagado la arroba de cáñamo á 70 rs. Al cordelero se le paga á razon de 20 rs. por cada arroba que resulta pesar el cinte-

Digitized by Google

po, y se le abonan tres lib. de merma por cada arroba de cáñamo que se le entrega.

La duracion de un cintero en Almaden es un año, pero en este tiempo necesita algunas composturas.

Los cinteros de los tornos de Rio-tinto tienen 70 varas de longitud, y su diámetro es 4½ centesim. Se componen de 4 *ramales*, cada ramal 4 *cordones*, y cada cordon 6 *hilos*, que hacen en total 96 hilos. Pesan 5 arrobas y 6 lib, y cuestan á razon de 5 rs. por lib. de cintero.

531. Aun cuando el cintero sea de cáñamo sus estremos ó cabos, y los ramales en que se subdivide para suspender la vasija de estraccion, deben ser de cadena de hierro, porque es la parte que mas roza en la operacion de cargar y descargar, y por consiguiente la que se rompe primero si ella es de cáñamo como el resto.

532. Para dar mayor resistencia y al mismo tiempo mas flecsibilidad á los cinteros, se acostumbra á untarlos con sebo ó con otra sustancia grasienta. Ademas de esto, en Alemania los embrean con pez, cuya precaucion los preserva de los malos efectos, no solo de la humedad, sino tambien del polvo, el cual destruye igualmente las sustancias vejetales.

Para el cintero construido en 1830 para la mina de Alte-Mordgrube junto á Freiberg, se emplearon 41¼ arrobas de cáñamo largo, y 10½ arrobas de cáñamo corto de Thuringa. Se le pusieron 336 hilos, y resultó tener una longitud de 362 varas, y un peso de cerca de 51 arrobas, es decir que, la merma ó desperdicio fue de unas 21 libras, que hace á menos de ½ libra por arroba. Despues de embreado pesó 77½ arrobas, por consiguiente embebió 26½ arrobas de pez, que habian costado 410 rs. 15 mrs., siendo el coste total del cintero puesto en la boca-mina 4883 rs. 26 mrs.

533. Aunque los cinteros de cáñamo mas en uso son de forma cilíndrica, tambien se emplean de forma plana, tejidos á modo de una cinta gruesa. Segun parece llenan mejor su objeto que los cilíndricos, y sobre todo son de mas duracion. En estos últimos tiempos se han estendido mucho en Inglaterra.



Digitized by Google

Los cinteros de correa entran igualmente en la clase de cinteros planos, y su uso mas general es para tiros *sin fin* cuando se trata de producir un movimiento circular contínuo. Tambien se emplean como tiros ordinarios en las máquinas para estraccion de minerales; en las minas de Bélgica no se sirven de otros, y sus dimensiones suelen ser de unas 4 pulgadas de ancho, y de ½ á ¾ de pulg. de grueso.

No conozco datos sobre la resistencia, rigidez y demas circunstancias de los cinteros planos.

684. Las cadenas de hierro tienen mucho uso en las máquinas; y en las de estraccion de minerales se emplean tambien como cinteros con muy buen écsito, porque se construyen de modo que, se pueden arrollar sobre un cilindro sin necesidad de darle un gran diametro. Las ventajas de las cadenas de hierro con respecto á los cinteros de cáñamo son, su mayor duracion, su mayor resistencia, y que no hay necesidad de hacerlas tan gruesas; pero por otra parte, tienen la desventaja de su mayor coste, y de su mayor peso. Esta última circunstancia hace que, la resistencia que tiene que vencer el motor sea muy desigual, porque, cuando el tonel cargado empieza su marcha ascendente, el motor tiene que vencer ademas todo el peso de la cadena; y cuando dicho tonel concluye su ascension, el peso de la cadena obra en favor del motor como contrapeso.

685. La construccion de las cadenas de hierro varía muchísimo, Poncelet las divide en tres clases, 1.ª cadenas de eslabones ó cadena comun; 2.ª cadena chata, ó de chapas y eslabones; 3.ª cadena inglesa de chapas, ó á la Buckanson.

Las cadenas de eslabones comunes no necesitan describirse, todo el mundo las conoce; solo diremos que con una cadena de esta clase, se hace el tiro en un pozo de 1050 varas de profundidad, en la mina de estaño de Wheal-Voor en Cornouailles: su peso es 182¼ arrobas, y el tonel cargado de mineral pesa unas 32 arrobas.

Cuando esta clase de cadenas son de eslabones algo grandes, y tienen que pasan sobre una polea, se hace en la llanta de esta una ranura ó canal para que entren los eslabones que

Digitized by Google

les toca ir de canto, quedando de este modo la cadena mas asegurada y sin oscilar.

Las cadenas de chapas y eslabones estan representadas en Fig. 208; estan compuestas alternativamente de una chapa *a* y de un anillo ó eslabon *b*; se acomodan muy bien sobre la polea sin necesidad de ranura. En las minas de ulla de Glamorgan hay aplicada como cintero una cadena de esta clase, cuya longitud es 197 varas; pesa 3425 libras, y los toneles cargados pesan cada uno 56 arrobas.

Las cadenas inglesas, Fig. 209, estan formadas por la reunion de una série de chapas *a*, provistas cada una de dos ahugeros para los pasadores que las sujetan entre sí. Como se vé, estan combinadas alternativamente una y dos chapas, pero de modo que cada pasador abraza á tres de ellas. Para aumentar el rozamiento en el arbol ó en la polea, bastará hacer en su superficie ó llanta unas ranuras ú ondulaciones transversales semejantes á las de las chapas, las cuales se acomodarán en ellas y no podrán resbalar.

536. Las cadenas inglesas se pueden hacer mas resistentes aumentando el número de chapas combinadas para cada pasador; pero de este modo se aumenta considerablemente su peso, y resulta el inconveniente que hemos indicado (531.) Para remediar á este inconveniente el mejor medio es hacer una cadena continua, ó lo que llamamos una *cadena sin fin*, y de este modo el peso se halla siempre justamente equilibrado; todo se reduce á hacer algo mas fuertes los soportes del arbol, que son los que han de resistir constantemente este peso. A Mr. Galle se debe la aplicacion de esta clase de cadenas para elevar grandes pesos de grandes profundidades. (*)

Para verificar la suspension de los toneles se le ocurrió colocar unos ganchos en dos puntos diametralmente opuestos de la cadena sin fin, unos ganchos que forman cuerpo con una de las chapas. Como se vé en la disposicion indicada en Fig.

(*) Memoria de Mr. Combes ingeniero de minas. Annales des mines, T. IV, 3me. Serie, V livraison.

210, cada gancho tiene dos garfios; en el *b* se suspende el tonel cuando sube cargado; llega el gancho á la parte superior, y se quita el tonel para vaciarlo; pasa el gancho por encima del árbol, entonces toma el garfio *a* la posicion contraria y se suspende en él el tonel ya vacío.

Las dimensiones de cada chapa son:

| | | |
|---|---|---|
| Longitud. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 54 milímetros. | =27 lín. esp. |
| Grueso. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | $2\frac{1}{2}$ | $= 1\frac{1}{4}$ |
| Ancho en el medio de la chapa. | 16 | $= 8\frac{1}{6}$ |
| Anchura ó diámetro en los estremos de la chapa. . . . . . . . . . | $24\frac{1}{2}$ | $=12\frac{1}{4}$ |
| Diámetro de los ahugeros para los pasadores. . . . . . . . . . . . | 6 | $= 3\frac{1}{10}$ |

Mr. Galle ha hecho varios esperimentos sobre la resistencia de esta clase de cadenas con relacion al número de chapas que constituyen su espesor, y ha obtenido los resultados siguientes:

| Número de chapas en cada pasador. | Peso de la cadena en cada vara longitudinal, | Carga que puede soportar la cadena. |
|---|---|---|
| 6 + 7 | 7,7 *lib.* | 5208 *lib.* |
| 7 + 8 | 8,8 | 6076 |
| 8 + 9 | 10 | 6944 |
| 9 + 10 | 11,2 | 7812 |
| 10 + 11 | 12,4 | 8680 |
| 11 + 12 | 13,6 | 9548 |

En la primera columna, el primer guarismo indica el número de chapas que forman el eslabon interior digámoslo así, y el segundo guarismo el de las chapas que forman eslabon con las dos esteriores, de modo que, la suma de ambos números son las chapas que atraviesa cada pasador. La Fig. 211, v. gr. es una cadena de 15 chapas, 7 un eslabon y 8 el otro.

Por medio de esta tabla, sabiendo el peso del mineral que hay que elevar, el peso del tonel, y la profundidad del pozo

Digitized by Google

para saber el peso resultante de la cadena, se podrá determinar el número de chapas que esta debe tener en cada pasador.

Si la profundidad del pozo pasa de 600 varas ya no tiene aplicacion la cadena de Mr. Galle, porque en ese caso su peso mismo romperia los pasadores.

No tengo noticia de que se haya estendido el uso de esta cadena, que á mi parecer debe tener buen efecto para cinteros.

837. En julio de 1834 se puso un cintero de alambres de hierro para la estraccion del mineral, en el pozo de la mina Carolina junto á Clausthal, que tiene 460 varas de profundidad. Está compuesto de 12 alambres muy poco retorcidos, es decir, que forman una espiral muy prolongada, resultando un grueso de poco mas de ½ pulgada de diámetro, y por consiguiente pesa menos que el cintero de cáñamo que sería necesario para obtener el mismo efecto. Cuando yo lo ví, hacia un mes que estaba en uso y llenaba completamente su objeto. Tiene toda la flecsibilidad necesaria para plegarse sobre el árbol.

## § 2.º *Dimensiones y disposicion que se deben dar á los pozos verticales para verificar la estraccion.*

---

838. La forma de un pozo de estraccion puede ser rectangular y puede ser eliptica. En cuanto á sus dimensiones, dependerán de la clase de vasijas con que se verifique la estraccion; debiendo tener presente que las vasijas son dos, y que han de poder transitar sin tropezarse la una á la otra, aun cuando hagan alguna pequeña oscilacion. De aquí se infiere desde luego, la necesidad que hay de dar á las vasijas una forma conveniente para que, cargando una cierta cantidad de mineral, ocupen en el pozo el menor espacio; es decir que, las vasijas de estraccion deben tener una forma prolongada, mas altas que anchas, pues de lo contrario habria que hacer el pozo mas espacioso, y esto aumenta los gastos de rompimiento y de fortificacion.

Digitized by Google

Por esta razon los toneles ó cualquiera otra vasija empleada en la estraccion á la superficie, nunca debe tener pasado de 1,33 vara de anchura; su altura dependerá de la gravedad específica del mineral, y de la potencia de la máquina que verifica la estraccion. La carga de un tonel es por lo general de 50 arrobas sobre poco mas ó menos.

539. Un pozo que sale á la superficie, nunca se destina únicamente para la estraccion, siempre debe estar habilitado para el tránsito de los operarios; es decir que, ha de tener por lo menos una bajada, la cual se aislará como hemos dicho (309.) por medio de un diafragma de mampostería ó de entivacion.

Los pozos interiores son los que suelen emplearse para estraccion únicamente, y sus dimensiones por consiguiente podrán ser mas pequeñas.

540. Para no tener necesidad de dar tan grandes dimensiones á los pozos de estraccion, lo mejor es hacer de modo que los toneles vayan sujetos, para que no puedan oscilar, lo cual se consigue del modo siguiente:

En primer lugar, el tonel como está representado en Fig. 212, tiene cuatro muñones ó topes de hierro *a b c d*, dos en cada costado, cuyos topes marchan encajados en una riléra, de la cual no pueden salirse hasta que el tonel sube á la superficie ó boca del pozo.

En cuanto á la disposicion interior del pozo, la hemos representado con tres cortes geométricos en las Fig. 213, 214 y 215. La correspondencia de las letras en estas tres figuras aclaran lo suficiente su inteligencia. Las adémas verticales *a*, *a'* y *b*, *b'* son las que forman la riléra para cada costado del tonel; y estas adémas estan sostenidas y sujetas en su posicion, por medio de los puentes *cc*, *dd*, en los cuales ajustan á medias maderas. El tonel T vá encajonado de modo que no puede oscilar. En las Fig. 213 y 214 se manifiesta al mismo tiempo la separacion E para la bajada, con sus correspondientes escalas y descansillos.

Esta disposicion tiene el inconveniente de ecsigir mucha madera; pero cuando esta no es escasa trae grandísima ventaja,

Digitized by Google

porque no se necesita hacer el pozo tan espacioso. Un pozo arreglado como acabamos de describir, no resulta tener mas que 3,33 varas de longitud de testero á testero, 1,33 de anchura; de la longitud total se quita una vara para el ancho de la bajada. Las adémas son todas ellas labradas á cuatro caras, y de 0,22 de grueso.

Los toneles son de madera fuerte hechos con tablas de 0,08 de grueso, y ademas reforzados con abundancia de herraje.

Todas estas dimensiones son las adoptadas generalmente en las minas del distrito de Freiberg, y aquellos toneles hacen una carga de 12—14 quintales de mineral.

541. Si no se dá esta disposicion al pozo de estraccion, y que las vasijas transitan libremente sin estar sujetas de ninguna manera, en ese caso habrá que dar al pozo cuando menos una vara mas de longitud.

542. Aun cuando el pozo tenga sus costados curvos ó en arco como en Fig. 88, la separacion de la bajada y el enrilamiento de los toneles se podrá verificar del modo dicho en el número anterior. Por lo demas el pozo, sea su forma la que quiera, podrá estar ó nó revestido de mamposteria segun sea la consistencia de la roca; ó bien el maderamen del enrilamiento podrá servir al mismo tiempo de entivacion para la seguridad del pozo.

La separacion de la bajada puede hacerse con un muro de mamposteria; pero en ese caso se deben dejar de trecho en trecho unos boquetes para poder pasar á la via de los toneles cuando sea necesario.

543. Pozo maestro en realidad no debe llamarse sino cuando sirve á un mismo tiempo para todas las necesidades de la mina, esto es, para la estraccion, para el tránsito y para el desagüe.

La Fig. 216 representa la seccion horizontal, y la Fig. 217 la seccion vertical de un pozo maestro completo, con sus dos vias C y C′ para los toneles; otras dos, D y D′ para el tránsito, y sus dos separaciones E y E′ para los juegos de bombas. Los diafragmas de separacion son muros de mamposteria, con

sus boquetes F en la parte correspondiente de cada galería á cuyo nivel coincide un descansillo y el cajon donde descarga una bomba y chupa la otra.

## § 8.º MÁQUINAS DE ESTRACCION Y MANIOBRA QUE CADA UNA DE ELLAS REQUIERE.

844. La máquina mas sencilla para verificar la estraccion del mineral por pozos es el torno, porque hacer subir el mineral por medio de una cuerda que pase por una polea, como acostumbran los albañiles para subir materiales á una obra, es un método muy poco económico para ser empleado en una mina de mediano tráfico y que tenga alguna profundidad.

El torno empleado para la estraccion, es esactamente el mismo que hemos descrito (345.) para el desagüe y representado Fig. 144; no hay mas diferencia sino que para el caso presente, las vasijas pueden tener diferentes formas y pueden estar construidas de diferentes materias segun las circunstancias de la localidad, desde un saco de tela hasta un cajon de hierro, como ya sabemos.

Es una máquina que se halla muy frecuentemente en todos los establecimientos mineros, y en realidad es la mas ventajosa cuando la profundidad de donde han de subir los minerales no pasa de 50 varas, y cuando además la cantidad de mineral que hay que estraer por aquel punto no llega á 100000 quintales anuales.

En todo pozo interior por el cual haya de verificarse transporte de mineral, no debe usarse otra máquina que el torno de mano; primero, porque la profundidad de éstos pozos nunca es considerable, ni por ellos se verifica una grande estraccion; segundo, porque el establecimiento de una gran maquinaria en el interior de los subterráneos es siempre muy costoso y muy embarazoso.

A las manivelas de un torno se pueden aplicar todos los hombres que se quiera; lo general és un hombre para ca-

da manivela, y en algunas partes ponen dos. El aplicar seis ó mas operarios para el movimiento de un torno es poco ventajoso, sobre todo por la parte económica; porque, esto supone que hay que levantar un peso considerable, en cuyo caso el torno y todos sus adherentes tendrán que ser mayores y mas resistentes; por consiguiente traerá mas cuenta establecer otra máquina y con otra clase de motor. Ademas, por regla general se debe tener entendido que, cuando se aplican varios motores á una misma máquina, nunca se obtiene un trabajo mecánico igual á la suma de los que despliega cada motor; siempre resulta que se destruyen en parte unos á otros.

Cuando hay muchos hombres juntos aplicados á un mismo trabajo, se procura aunar y regularizar su accion por medio de una cantinela ó cadencia sonóra, y esto se acostumbra á hacer en todos los paises; pero tambien en todos los paises hay operarios perezosos y marrulleros que, saben muy bien aparentar como que trabajan, y lo único que hacen es echar la carga á sus compañeros.

546. Para verificar la estraccion con un torno, y lo mismo con cualquiera otra máquina, es necesario primero cargar la vasija y engancharla al cintero; segundo, hacer girar al torno para que suba la vasija cargada y baje la vacía; tercero, vaciar la vasija que ha subido, bien sea desenganchándola del cintero, ó sin desengancharla. Esta maniobra está muy bien entendida en las minas de Rio-tinto, así es que, segun mis cálculos, los torneros de Rio-tinto son los operarios que mas cantidad de accion diaria despliegan entre todos los que he tenido ocasion de ecsaminar, tanto con respecto á los que he visto yo mismo, como por lo que refieren los autores; pero esta es una cuestion de mecánica aplicada; el que esté iniciado en esta ciencia puede hacer el cálculo con los datos que vamos á presentar.

547. En Rio-tinto se arrancan anualmente sobre 520000 arrobas de mineral, cuya estraccion se verifica con tornos de mano, por los tres pozos de Santa Bárbara, las Animas y Santa Ana. Describiremos la maniobra en uno de ellos.

El pozo de las Animas, lo mismo que los otros, no es seguido en toda la profundidad de las escavaciones, sino que está dividido en dos trozos; el trozo que sale á la superficie, y que llaman el torno, tiene 54 varas de profundo; y el otro trozo, ó sea el tornito, tiene 10 y su boca está inmediata al pié del primero. Cada trozo de pozo tiene en su boca un torno; el de la superficie está manejado por cuatro hombres que se llaman *torneros* y el del interior por dos, que se llaman *torneritos*. En el pié ó caldera del tornito hay dos *cargadores*, y en la boca del torno un *contador de cubas* para llevar cuenta de las que salen á la superficie.

La tarea de estos hombres es hacer salir á la superficie 140 cubas cargadas de mineral, pesando cada una, con mineral grueso 6½ arrobas, y con mineral menudo de 8—9 arrobas.

Los jornales son, de cada tornero 6 rs., de cada tornerito 5½, de cada cargador 4½, y el del contador 6. Pero como está admitido el que hagan siempre tarea y media, resulta que en una entrada suben 210 cubas, que vienen á hacer un peso de 1470 arrobas de mineral, cuya estraccion cuesta 75 rs. sin contar las luces y el deterioro de los utensilios. Esta faena la hacen en unas 8 horas de tiempo, durante el cual solo descansan ¼ de hora para almorzar.

Para comprender mejor la maniobra considerémos la Fig. 218, que representa la proyeccion horizontal de los dos tornos. Se necesitan cinco cubas, cuya respectiva posicion está marcada por los números 1, 2, 3 y 4; el número 5 es la quinta cuba que está vacía, y colocada en la superficie junto á la boca del pozo. Las letras *a*, *b*, *a'*, *b'*, indican la posicion de los cuatro torneros, y las letras *c* y *d* la posicion de los dos torneritos.

Entre los cuatro torneros hacen subir la cuba 1, y cuando ella llega á la superficie el tornero *a* la amaina, la saca fuera del pozo, y la desengancha del cintero; entonces el tornero *a'* engancha la cuba vacía 5 y, ayudado del tornero *b'* hace girar el torno para empezar á subir la cuba 3 y bajar la 5. Luego que el tornero *a* ha amaindo la cuba 1, viene el torne-

ro *b* en su ayuda, y hace pasar por el asa de la cuba un palo, por medio del cual la llevan entre los dos hasta el descargadero, que dista pocos pasos; llegados al descargadero, el tornero *a* se vuelve á su puesto trayéndose el palo, que coloca en tierra junto el tornero *a'*, y se pone al manubrio para ayudar á sus compañeros. Mientras tanto el tornero *b* ha descargado la cuba, la trae vacía, la coloca en *m* y se pone al manubrio, quedando todo dispuesto para repetir la misma maniobra cuando sube la cuba 3; en cuyo caso los torneros *a'* y *b'* hacen lo que antes han hecho *a* y *b*, dejando *b* el palo junto á *b'*, y dejando *a'* la cuba vacía en 5. De este modo siguen sucesivamente sin interrupcion, resultando el trabajo muy variado y al mismo tiempo repartido con igualdad, circunstancias ámbas las mas á propósito para producir una gran cantidad de accion.

El trabajo del tornito es mas sencillo y menos intenso puesto que la profundidad es menor, por eso hay solo dos hombres y ganan menos jornal. Cuando el torno ha hecho bajar una cuba vacía, la desengancha un tornerito y la cambia con la cargada que los dos han subido por el tornito; y esta operacion la hacen alternativamente el uno y el otro, quedando el trabajo igualmente repartido. Mientras el tornerito hace el cambio de las cubas, los dos cargadores llenan de mineral la cuba que ha bajado vacía por el tornito, y el total de la operacion marcha con una regularidad como la máquina de un reloj.

Cuando se les ve trabajar por primera vez causan verdaderamente compasion; muy ligeros de ropa, cuasi en cueros, cayéndoles el sudor á chorros por todas las partes de su cuerpo, sin hablar una palabra ni oirse mas sonido que la voz del contador, el crujido del torno y les aspiraciones en cadencia del resuello de los torneros. Los habitantes del norte no tienen, ni se quieren formar idea de esta clase de trabajo, que no creen pueda desplegar un habitante del Mediodia.

### *Malacates ó baritéles.*

548. Se da este nombre á toda clase de máquina, que no sea el torno de mano, aplicada á verificar la estraccion general de los minerales de una mina.

Estas máquinas pueden estar puestas en movimiento por cualquiera clase de motor, y asi se dice; *malacate de caballos, malacate de agua y malacate de vapor*, segun que el agente sean caballerías, una caida de agua, ó bien una máquina de vapor. Tambien puede un malacate estar movido por hombres, pero es una disposicion muy poco ventajosa, y por consiguiente no haremos mencion de él, aunque lo hemos visto establecido en alguna parte.

549. La inspeccion de la Fig. 219 basta para hacerse cargo de lo que es un malacate de caballos. AB es un árbol vertical que se hace girar por medio de dos caballerías enganchadas al estremo de la palanca EF. En la parte superior de este árbol está fijo un *tambor doble* CD, en el cual se arrollan alternativamente los dos cinteros *a* y *b* á que están suspendidos los toneles. Estos dos cinteros pasan cada uno por una de las poleas G y G' con el objeto de cambiar la direccion del movimiento, puesto que el motor egerce su accion en el sentido horizontal, y el efecto que se trata de producir es en el sentido vertical. H es el brocal del pozo, T el tonel de estraccion y L el carro en que se carga el mineral.

550. La forma cónica de los tambores es mas ventajosa que la cilíndrica, porque de este modo se regulariza la resistencia que tiene que vencer el motor, como es fácil convencerse. Cuando el tonel cargado empieza á subir de la profundidad, el motor tiene que vencer todo este peso, mas el peso del cintero, que como hemos visto (532.) no es nada despreciable; y por otra parte, el peso del otro tonel le favorece poco, primero, porque baja vacío, y segundo porque su cintero está cuasi todo él arrollado. Por el contrario cuando el tonel cargado sube á la superficie, su cintero se halla todo arrollado, y el del otro tonel

Digitized by Google

todo desplegado y favoreciendo con su peso á la accion del motor; por consiguiente, cuando el tonel esté en la profundidad la palanca de resistencia debe ser la menor; y cuando el tonel suba á la boca del pozo, la palanca de resistencia debe ser la mayor, que es precisamente lo que se verifica en los tambores cónicos, como lo demuestra la figura.

Para determinar la relacion que han de tener los diámetros de las dos bases del cóno del tambor, basta poner lo dicho en ecuacion, que lo reasumiremos para mejor inteligencia.

Para que la resistencia que tiene que vencer el motor sea siempre la misma, es preciso que, cuando el tonel está abajo, el peso de este mas el del cintero, multiplicado por el rádio mayor del tambor, sea igual al peso del tonel multiplicado por el rádio menor del tambor.

Llamemos $r$ el rádio mayor del cóno.
$r'$ el rádio menor.
P el peso del tonel cargado.
$p$ el peso del cintero.

$(P+p)\,r'=P.\,r$, y por consiguiente $\frac{r'}{r}=\frac{P}{P+p}$.

Ahora falta saber cuál es la altura que debe tener el cóno para que se arrolle en él todo el cintero; lo mismo nos dá hallar la longitud de su lado oblicuo.

Sea $l$ la longitud de este lado oblicuo.
L, la longitud del cintero.
$d$, su diámetro.
$\pi$ la relacion del diámetro á la circunferencia.

La superficie que ocupará el cintero arrollado, será

$$L\times d$$

La superficie del cono del tambor, será

$$\pi\,(r+r')\,l:$$

luego $L\times d$ debe ser igual á $\pi\,(r+r')\,l$, de donde

$$l=\frac{L\times d}{\pi(r+r')}=\frac{L.d.P.}{\pi.r'(2P+p)}$$

En esta ecuacion queda indeterminado el valor de $r'$; pero se determina porque depende como sabemos (526.) del diámetro del cintero, en razon á la rigidez que presenta este á plegarse.

851. En lugar de dos caballerías se podrán hacer actuar cuatro; no habrá mas que poner otra palanca semejante á la EF, y diametralmente opuesta á ella. Tambien se pueden poner tres palancas, y se pueden poner cuatro para enganchar ocho caballerías, como sucede en el malacate de la mina de Almaden.

852. Para la maniobra del malacate hay que empezar por cargar el tonel que ha bajado vacío, ó bien desenganchar este y enganchar otro cargado; en seguida es menester avisar á los de arriba para que hagan poner el malacate en movimiento. Este aviso se comunica en Almaden por medio de operarios colocados en las diferentes cortaduras del pozo, y que corren la palabra de unos á otros, empleando para esta descansada faena los ancianos, ó bien los que necesitan saneamiento por hallarse atacados del mercurio.

En todas las minas de Alemania para dar los avisos hay una campanilla colocada en el brocal del pozo, de cuya campanilla baja un alambre hasta la profundidad. Tienen convenido el que dos, tres ó mas campanillazos, signifique tal ó cual cosa. Por lo general el tocar á rebato manifiesta haber sucedido alguna desgracia.

Cuando el tonel ha subido á la boca del pozo, es menester descargarlo, y esta operacion se hace de dos modos; ó bien amainándolo afuera por medio de unos ganchos (*); ó bien tapando la boca del pozo provisionalmente con un tablon, para que sobre él descanse el tonel, y se pueda volcar mas facilmente y sin peligro de los que están abajo. De todos modos, es preciso subir el tonel mas alto que el brocal del pozo, despues hay que bajarlo un poco para descargarlo, luego hay

(*) Al palo con su gancho que sirve para amainar, llaman en Almaden el *garabato* y *garabatero* al que lo maneja.

que subirlo otro tanto para enderezarlo, y por último hay que bajarlo de hecho para que suba el otro tonel. Es claro que para estas operaciones tiene que variar el motor el sentido en que egerce su accion. Es admirable el ver como en Almaden egecutan las ocho mulas toda esta maniobra á la voz de sus conductores, y aun muchas veces no necesitan oir la voz de mando, con solo ver salir el esporton, ya saben lo que tienen que hacer.

En algunas minas del distrito de Freiberg, para descargar los toneles con mas facilidad, tienen adoptada la disposicion representada en Fig. 219. Los largueros *cd* son la continuacion de los que vienen por el pozo formando la rilera para que vaya encajonado el tonel. En el punto *e* hay una clavija de hierro en cada rilera, cuyas clavijas por medio de unas palancas, se atraviesan horizontalmente luego que ha pasado el tonel; vuelve este á bajar, y sus topes inferiores tropiezan y descansan sobre las clavijas; pero como estos topes inferiores estan colocados mucho mas bajos que el centro de gravedad del tonel y fuera de la vertical que por él pasa resulta que, el tonel pierde su equilibrio, cae hácia adelante y se vacia naturalmente sobre el carro L, colocado de antemano en el sitio correspondiente. Una vez descargado el tonel se le hace subir otra vez, entonces se quitan ó separan las clavijas, y queda el tránsito desembarazado para la marcha descendente.

Todo pozo de estraccion debe estar provisto de un brocal H, bien sea de madera ó de mampostería, pues de lo contrario es muy espuesto á que suceda alguna desgracia, y no se hace la maniobra con tanta presteza ni seguridad.

552. La disposicion del *malacate de agua* tiene precisamente que diferenciarse algun tanto del de caballos, porque estos ejercen su accion en el sentido horizontal, y el agua la despliega en el sentido vertical.

En las Fig. 220 y 221, vista de costado y vista de frente, está representado lo mas esencial de un malacate de agua. A es la rueda hidráulica motriz, y B es un tambor doble sobre que se arrollan los cinteros, y que se halla colocado verticalmente



Digitized by Google

sobre la rueda, estando los codos de sus ejes unidos respectivamente por medio de los tirantes de comunicacion C; de modo que, cuando gira la rueda tiene precisamente que girar tambien el tambor, y en el mismo sentido que ella.

Para cada cintero hay una polea D cuyo objeto es transportar la direccion del movimiento del motor, haciendo que resulte segun la línea vertical correspondiente al pozo E.

La maniobra de este malacate tiene que verificarse bajo los mismos principios que hemos dicho para el de caballos, es decir que, la rueda motriz habrá de poder girar una vez en un sentido y otra vez en otro. Para conseguir esto será preciso hacerla de llanta doble, como si fueran dos ruedas unidas, estando los cajones colocados en sentidos opuestos en cada una de ellas; y segun en la que se haga chocar el agua, asi se moverá la rueda en un sentido ó en otro. Esta alternativa se produce por medio de unas compuertas *a a'* que se suben y se bajan por el intermedio de unas palancas, que estan al cargo de un operario esperimentado y de cierta edad, puesto que el menor descuido de su parte podria ocasionar graves perjuicios y desgracias.

553. En esta clase de ruedas es preferible que el agua entre por choque superior, porque, como en ellas hay siempre una parte de la accion del agua que se emplea en comprimir el eje hácia abajo contra los soportes: esta circunstancia, que en otros casos es perjudicial, aquí es ventajosa porque tiende á afirmar mas la máquina, conservando la debida union y dependencia entre la rueda y el tambor.

554. No es indispensable el que el tambor se halle en vertical, ni tan inmediato á la rueda motriz como hemos representado en Fig. 220; puede estar mas arriba ó mas abajo, y á la distancia que se quiera de la rueda; pero entonces es preciso establecer un juego de tirantes de comunicacion para la transmision del movimiento, como está representado en Fig. 222.

*A* es la rueda motriz.

*B* el tambor sobre que se arrolla el cintero.

*ab* es el tirante que sale del codo de la rueda.

Digitized by Google

*cd*, el tirante que sale del codo del árbol.

Estos tirantes no se hacen de una sola pieza, sino que estan compuestos de varios trozos unidos por goznes, á modo de una cadena de eslabones muy grandes, y esto con el objeto de que la comunicacion se pueda hacer sobre un terreno cuya superficie no sea perfectamente plana.

Los dos tirantes estan ligados uno á otro por medio de una série de *varletes mn*, *m'n'* &c. sostenidos y que giran sobre los *caballetes opqr*, resultando una oscilacion; de modo que, cuando el tirante de la rueda *vá*, el del tambor *viene*, y por la inversa.

Es claro que para cada codo correspondiente de la rueda y del tambor hay un aparato semejante, hemos puesto solo el uno de los dos, por no complicar la figura y confundir su inteligencia.

555. En el Harz se conoce que hubo una época en que se hallaron muy en boga estos tirantes de *prolongacion*; se ven establecidos una porcion de ellos en diferentes minas, pero algunos me parecen no eran necesarios; y en estas complicadas comunicaciones de movimiento, siempre se pierde mucho de la accion desplegada por el motor.

En la mina *Dorothea* junto á Clausthal, la rueda motriz de estraccion se halla á unas 500 varas distante de la boca del pozo, y esta longitud tienen por consiguiente los tirantes de prolongacion. La profundidad del pozo es de 850 varas, de modo que, el alambre de la campanilla para avisar al operario que está manejando la rueda motriz, tiene una longitud de 1350 varas, que no le falta mucho para ser un cuarto de legua.

556. Se dice malacate de vapor, cuando es una máquina de esta clase la empleada como motor para verificar la estraccion. La disposicion general de este malacate es la misma que en el de agua: su tambor horizontal donde se arrollan los cinteros, y las dos poleas para el cambio de direccion del movimiento; pero se diferencian algun tanto segun que la máquina es de simple ó de doble efecto, de alta ó de baja presion.

En la Fig. 223, A representa el cilindro motor, cuyo embolo por medio de un vástago está unido al estremo B del balancin, y del otro estremo pende una *biela* Ca que, unida al codo del eje, hace girar al piñon D, el cual engrana con una rueda que está fija en el eje ó árbol del tambor. La rueda E es el volante para la uniformidad del movimiento. (*)

## §. 4.° *Precio de los transportes por pozos verticales.*

---

367. No puedo presentar el precio á que resulta el transporte del mineral por pozos verticales con tanta ecsactitud y tantos detalles como lo he hecho para las galerías, pero sí lo suficiente para hacer algunas comparaciones. Empezaremos por ecsaminar algunos datos muy interesantes que presenta Karsten en sus archivos, sobre las minas de Silesia.

Para la estraccion con torno de mano en Silesia, se suele dar por tarea para dos hombres en un pozo de 18—20 lachter de profundidad y en una entrada de 12 horas, el que hayan de sacar á la superficie 90 scheffel de ulla. Reduciéndolo á medidas españolas, y tomando 19 lachter por término medio de la profundidad, tendremos que, la tarea de los dos hombres será, elevar 748 arrobas á 46 varas en 10 horas de trabajo efectivo.

El coste de esta estraccion es,

---

(*) El que quiera enterarse de todo lo que tiene relacion con máquinas de vapor, su construccion, sus diferentes modos de obrar, las precauciones que hay que tener presentes en su manejo, gasto de combustible, &c. &c., puede leer la obra de Tregold traducida al castellano por D. Gerónimo de la Escosura, publicada en Madrid en 1830, en la imprenta real. Es lo único que tenemos bueno en castellano sobre esta parte tan interesante para las artes y la industria.

Digitized by Google

| | |
|---|---|
| Por jornal de dos torneros. . . . . . | 10 gr. 4 ph.=6 rs. 7 mrs. |
| Por id. de un cargador y su alumbrado. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 6—$2\frac{2}{5}$= 3—24 |
| Por conservacion de utensilios. . . . | 1—» = 0—20 |
| Suma. . . . | 11—4 =10—17 |

Es decir que las 748 arrobas á 46 varas cuestan 10 rs. y 17 mrs.

Luego 100 arrobas elevadas á 50 varas cuestan. 1 rs. 17 mrs.

He tomado distinta unidad comparativa que para el transporte por galerias, porque en el torno de mano las profundidades son siempre de poca consideracion; pero, como esta unidad es de la misma especie que aquella, es fácil de comparar ambas entre sí.

558. Con malacate de un caballo, en una entrada de 12 horas, se estraen 350 scheffel de ulla teniendo el pozo 23 lachter de profundidad, es decir, 2909 arrobas á 56 varas.

El coste de esta estraccion es

| | |
|---|---|
| Por manutencion del caballo. . . | 23 gr. 0 ph.=13 rs. 27 mrs. |
| Dos amainadores en la superficie. | 10—$4\frac{4}{5}$ = 6 — 8 |
| Un garabatero en lo interior. . . | 5—$2\frac{2}{5}$ = 3 — 4 |
| Por alumbrado. . . . . . . . . . . . . | 1—$0\frac{2}{5}$ = 0 — 21 |
| Conservacion de utensilios. . . . . | 5—6 = 3 — 10 |
| Suma. . | 1 th.—21 gr.—$7\frac{3}{5}$ph 26 rs. 3 mrs. |

Por consiguiente las 2909 arrobas elevadas á 50 varas tienen de coste 27 rs. 2 mrs., de donde resulta que

100 arrobas elevadas 50 varas, cuestan. . . . 0 rs. 28 mrs.

559. Los malacates de vapor son tanto mas ventajosos, cuanto mayor es la profundidad del pozo; porque el vapor, como todo motor inanimado, es una fuerza constante y que no disminuye de intensidad porque esté actuando mucho tiempo de seguido, al contrario de los motores animados que, no pueden desplegar su esfuerzo durante largo tiempo con regularidad; necesitan suspender su accion por intervalos, de otro modo su fuerza muscular se destruiria.

Digitized by Google

Segun Karsten una máquina atmosférica de las que ecsisten en Silesia, con un cilindro de 12 pulgadas de diámetro, colocada sobre un pozo de 20 lachter de profundidad, puede estraer en una entrada de 12 horas 1200 scheffel de ulla, ó lo que es lo mismo, puede estraer 9974 arrobas á 145 varas; siendo el coste de esta estraccion,

| | |
|---|---|
| Por jornal del que dirige la máquina........ | 8 gr. 0 ph. |
| Por dos amainadores.................... | 10—4 $\frac{4}{5}$ |
| Por un garabatero...................... | 5—2 $\frac{2}{5}$ |
| Por alumbrado.......................... | 1—0 $\frac{2}{5}$ |
| Por combustible........................ | 3—» |
| Por aceites, estopas y cueros.............. | 18—» |
| Por conservacion de la máquina............ | 10—» |
| Total...... | 2 th.—7 gr.—7 $\frac{3}{5}$ |

Es decir que las 9974 arrobas transportadas á 145 varas de altura, tienen de coste 33 rs. 11 mrs., y por consiguiente,

100 arrobas elevadas á 50 varas cuestan..... 0 rs. 4 mrs.

Es preciso advertir que las máquinas de vapor que hay establecidas en Silesia para las necesidades de las minas, no son en general, de las mas perfectas; es decir que, con una buena máquina de vapor todavía debe resultar mas economía la estraccion del mineral.

860. Recordando lo que hemos dicho en el número 547, vemos que, en Rio-tinto en el pozo de las Animas la tarea es sacar 140 cubas, y como entre el torno y el tornito componen una profundidad de 64 varas, resulta que la tarea es subir 980 arrobas de mineral á 64 varas; y esta estraccion tiene de coste,

| | |
|---|---|
| Por jornal de 4 torneros...... | 24 rs. |
| Idem de 2 torneritos.......... | 11 |
| Idem de 2 cargadores........ | 9 |
| Idem de 1 contador......... | 6 |
| Por alumbrado............. | 0 — 20 mrs. |
| Suma.......... | 50 rs. 20 mrs. |

y haciendo una proporcion se obtiene que,

100 arrobas elevadas á 50 varas, cuestan. . . 3 rs. 30 mrs.

No tengo datos para poder decir cuanto se debe aumentar por conservacion de utensilios, pero seguramente no hará variar de muchos maravedises el precio indicado.

Teniendo presente que los jornales en Rio-tinto son dobles que en Silesia, la estraccion por el torno resulta cuasi al mismo precio, á pesar de estar el pozo dividido en dos trozos, cuya circunstancia ecsige mayor número de operarios.

561. En las minas de Freiberg la estraccion del mineral por medio de un malacate de dos caballos, resulta que

100 arrobas elevadas á 50 varas cuestan . . 0,rs. . . . 22 mrs.

562. Vamos á ver lo que cuesta en la mina de Beschert-Glück la estraccion del mineral con un malacate de agua.

En una entrada de ocho horas salen por la boca de aquel pozo 240 kübel de mineral, viniendo de 230 lachter de profundidad, esto es, 1200 arrobas elevadas á 537 varas, cuya estraccion tiene de coste,

| | | |
|---|---|---|
| Por jornales de operarios. . . . . . . . | 13 rs. | — 27 mrs. |
| Por conservacion del malacate. . . . | 9 | — » |
| Por valor de los cinteros. . . . . . . . . | 24 | — 31 |
| Suma. . . . . . . . . | 47 rs. | — 24 mrs. |

Haciendo la proporcion correspondiente resulta que,

Las 100 arrobas elevadas á 50 varas cuestan. . 0 rs. 12 mrs. cuyo resultado como se vé no es tan ventajoso como el de las máquinas de vapor.

563. Tanto en los malacates de agua como en los de vapor, para calcular el precio de la estraccion del mineral, no hemos tomado en cuenta lo que cuesta el establecimiento de la máquina. La construccion y arreglo de un malacate de agua cuesta en Freiberg sobre 72000 reales, y si se establece dentro de los subterráneos y hay que revestir la cámara con obra de mampostería, sube su coste hasta 14000 duros: por mucho menos dinero se tiene en el dia una máquina de vapor que haga el mismo efecto que aquellas ruedas.

Digitized by Google

La gran ventaja que para la estraccion llevan las máquinas de vapor sobre los malacates de agua es que, se pueden construir de una fuerza digámoslo asi indefinida, segun se aumente el diámetro del cilindro ó la tension del vapor; al paso que el efecto de un malacate de agua es hasta cierto punto limitado. Una rueda hidráulica de 50 pies de diámetro ya es una cosa estraordinaria, y estando alimentada por 100 pies cúb. de agua por minuto, su trabajo mecánico desplegado no llega á 7 caballos vapor, que es una cosa digámoslo asi insignificante para una máquina de vapor.

Digitized by Google

# CAPITULO III.

## *ESTRACCION DE MINERALES POR ESCAVACIONES INCLINADAS.*

### §. 1.° *Pozos inclinados.*

564. La estraccion de minerales por pozos inclinados se verifica con las mismas clases de máquinas que hemos descrito para los verticales, en lo único que hay alguna diferencia es en las vasijas ó medios de transporte, y en la disposicion interior del pozo, puesto que las vasijas no pueden subir al aire, sino que tienen que ir apoyadas ó descansando sobre el costado yacente del pozo.

565. Si la máquina es un torno de mano, los cubos en lugar de ser cónicoc-irculares, serán cónico-elípticos, porque así tendrán mejor asiento sobre el suelo en que se apoyan. Este suelo ó yacente del pozo habrá que revestirlo con un emplanchado de tablas bien unidas y bien lisas, para que el rozamiento no sea tan sensible.

566. Si la estraccion se hace con un malacate, las vasijas son mucho mayores, y su peso produce un gran rozamiento el cual, no solo aumenta la resistencia que tiene que vencer el motor, sino que destrozará las vasijas y el tablado sobre que resbalan. Para evitar este inconveniente lo que se hace es, colocar el tonel ó cajon sobre un carro, ó bien que el tonel mismo tenga cuatro ruedas, y que estas vayan descansando sobre unos carriles de hierro ó de madera.

Cuando el pozo tenga poca inclinacion se podrán emplear



Digitized by Google

cualquiera de los carros que se usan para carriles de hierro (480.) pero si el pozo tiéne mucha inclinacion, esto es que se acerca á la vertical, no sirven estos carros porque se les vertería el mineral.

567. Una buena disposición para el transporte por pozos muy inclinados, es la representada en Fig. 224, vista de costado. El tonel T está provisto de cuatro ruedas *a*, dos en cada costado tienen sobre 0,16 de diámetro, cuya dimension es igualmente el ancho de su llanta. Las ruedas corren sobre dos listones *cd*, los cuales estan asegurados en su posicion por medio de los estemples *ef*, que sirven al mismo tiempo para fortificacion y mayor seguridad del pozo, si es que no está mamposteado.

568. Puede tambien suceder que el pozo no tenga una misma inclinacion en toda su profundidad, habiendo trozos que sean perfectamente verticales, y otros trozos con muy poca inclinacion. La mina de cobalto de Marcus-Röhling en las montañas altas de Sajonia, es célebre por la direccion tan complicada que lleva el pozo, y que es debida á una equivocacion del Markscheider ó geómetra que marcó su rompimiento. El trozo *ab*, Fig. 225, que sale á la superficie, es esactamente vertical, y tiene 58 varas de longitud; el trozo *bc*, tiene unos 30 grados de inclinacion, y 47 varas de longitud; el trozo *cd* baja verticalmente 58 varas hasta el caño de desagüe, y de allí abajo continúa con 64º de inclinacion en las ocho galerías que tiene la mina.

Cuando el pozo es en parte vertical y en parte inclinado, como en Fig. 266, es menester hácer de modo que el tonel pueda transitar de las dos maneras, para lo cual basta ponerle, en el tablero sobre que ha de resbalar, cuatro ruedas pequeñas y anchas, como se pueden notar en la figura. En el sitio donde el pozo cambia de inclinacion, se colocan horizontalmente unos rodillos *a*, *b*, que son unos cilindros de madera que jiran sobre un eje fijo de hierro: sobre estos rodillos se apoya el tiro *cd*, y no roza ni se destroza contra la roca. Cuando el tonel T llega al trozo vertical, él por sí mismo se coloca en esta posicion.

Digitized by Google

Tambien se puede hacer que los muñones del tonel vayan siempre encajados en una rilera (540.), tanto en el trozo inclinado como en el vertical; y para disminuir el rozamiento guarnecer estos muñones con sus correspondientes roldanas de hierro.

569. En los pozos inclinados el cintero arrastrará sobre su yacente, y como los cinteros, sean de la clase que quieran, tienen un peso tan considerable, se destrozarán mucho con este roze, y aumentará tambien la resistencia que tiene que vencer el motor. Será necesario pues sostenerlos de trecho en trecho con unos rodillos, que son unos cilindros de madera que están atravesados por un eje de hierro que está fijo y sobre el cual pueden girar. Estos rodillos se colocan horizontalmente un poco elevados sobre el yacente del pozo, pero de modo que el tonel no pueda tropezar con ellos: el cintero pasando sobre ellos los hace girar, y no roza contra el suelo.

### *Frenos ó prensas.*

870. Ya hemos indicado (480.) hablando de los carros que transitan sobre carriles de hierro, que hay algunas veces que ponerles un *freno* ó palanca para modificar su velocidad, aumentando el rozamiento de las ruedas. En el mismo principio estan fundados los que se aplican á los tornos y aun á los malacates de los pozos de estraccion. Es un ausilio ó medio de modificacion muy útil, y de buena aplicacion en varias clases de máquinas.

871. En las Figs. 227 y 228 está representado un torno con su freno ó prensa, visto de frente y de costado. La ventaja de esta máquina es para cuando el sitio de labor de donde se arranca el mineral se halla mas alto que la boca-mina por donde se verifica la estraccion, ó bien cuando hay que introducir dentro de la mina una gran cantidad de materiales, como sucede en la de Almaden. El peso del carro ó del tonel cargado hace subir al vacío, y el operario encargado de la maniobra lo único que tiene que hacer es, contener por medio



Digitized by Google

del freno la demasiada velocidad que adquiere el tonel que baje cargado.

En las figuras dichas, A es un disco circular de madera que está fijo en el arbol del torno. La palanca *ab* del freno está fija en el punto *a* sobre el cual puede girar; el operario apoyándose sobre el estremo *b*, comprime el disco, y aumenta por consiguiente el rozamiento, hasta el punto de poder hacer pasar el torno por mucha velocidad que lleva la vasija. El transporte se verifica en los carros B y C para cuyas ruedas hay establecidas dos vias de carriles.

Para que los carros rueden bien y suban los vacíos con facilidad, es preciso que el pozo tenga por lo menos 10.° de inclinacion para carriles de hierro, y 15.° de inclinacion para carriles de madera. En Almaden la maniobra con la prensa se hace por el pozo vertical de San Teodoro.

572. La maniobra con el torno de prensa, ó *Bremsen* de los alemanes, nunca se puede hacer con tanta precision que no haya algunos choques y golpes, de donde resulta que los utensilios se rompen y destrozan mucho; sin embargo de esto, el transporte sále muy económico con respecto á la estraccion por pozos verticales. Segun las observaciones de Heinzmann hechas en las minas de la Silesia superior, el precio del transporte con el bremsen sobre un plano inclinado viene á ser,

Para 100 arrobas á 50 varas . . . . . . 0. rs. . . . . 3½ mrs.

Pero teniendo presente que la inclinacion de dicho plano es alli de 30.° término medio, podremos decir de un modo mas esacto que, las 100 arrobas descendidas á 25 varas en vertical y transportadas á 43½ varas en horizontal, tienen de coste 3½ mrs.

En la mina de Federico junto á Königshütte se transporta la ulla del modo dicho por un plano inclinado. El carrero cuando llega al torno engancha en el cintero el carro que ha traido cargado, y no lo impulsa por el plano inclinado hasta oir la señal del otro carrero, que le avisa haber enganchado el carro vacío en el estremo del cintero que se halla en la parte inferior; entonces suelta el carro cargado, maneja la prensa

Digitized by Google

segun es necesidad, y, concluido el tránsito, el carrero superior toma el carro que ha subido vacío para ir á buscar nueva carga, y el carrero inferior toma el carro que ha bajado con ella, para ir á descargarlo y volverlo á traer de vacío.

573. Para máquinas de mas consideracion que un torno, el freno tendrá que ser tambien mayor, y no podrá manejarse de la misma manera. En la Fig. 229 está representado un freno doble, que se usa en Alemania para las ruedas motrices de los malacates. Sin este freno no se podria hacer parar de repente una rueda; porque, aun cuando se intercepte el curso del agua motriz, la inercia de la rueda hace que continúe en movimiento en virtud de la velocidad adquirida.

A es la rueda; *ba*, *b'a'* son las palancas de los frenos y que pueden girar sobre el punto fijo *a*. Los estremos libres *b* y *b'* de dichas palancas, se unen en el punto *c* por medio de dos tirantes ó bien cadenas *bc*, *b'c*, apoyándose en el estremo de una gran palanca *cf* que tienen su punto de apoyo en *d*. Es claro que haciendo bajar el brazo *df* subirá el brazo *dc*, los estremos *b* y *b'* se aprocsimarán uno á otro, y los frenos comprimirán la circunferencia de la rueda é impidirán su movimiento con una fuerza, proporcional á la relacion que tengan entre sí los dos brazos de la palanca *cf*.

## *Planos inclinados sin máquina.*

574. Segun hemos dicho (571.), para el establecimiento de una prensa es menester que el pozo ó la caña ágria por donde se ha de verificar el transporte, tenga por lo menos 10.° de inclinacion si se ponen carriles de hierro, y 15.° si son carriles de madera; pero si solo es un tablado ó entarimado el que se arma para que sobre él resbalen las vasijas, en ese caso la inclinacion del pozo necesitará ser por lo menos de 30.°, para que la maniobra se verifique como hemos esplicado.

El rompimiento y la habilitacion de un plano inclinado sin mas objeto que el transporte de minerales, será de todos modos una obra bastante costosa, y por esta razon solo se apro-

Digitized by Google

vechan para ello las escavaciones que han resultado en la labor de beneficio, cuando la capa ó el filon tienen una inclinacion proporcionada.

575. Si el mineral es de tal naturaleza que no desmerezca para la fundicion aun cuando se destroce y desmenuce, ó bien que él sea tan duro que no se rompa por hacerlo rodar, en ese caso se pueden economizar los carriles y las vasijas, y por consiguiente no habrá necesidad de máquina para hacerlos bajar. Basta revestir con un emplanchado las paredes de la escavacion inclinada, formando una especie de buzon ó cajon piramidal, cuya base inferior sea la mas pequeña. El mineral se arroja por la boca superior, y en la inferior lo recibe un carro ó una carretilla de las empleadas para el transporte por galerías.

Para que no caiga mas mineral que el que ha de cargar el carro, y que al mismo tiempo no se obstruya el paso de la galería inferior, se pone una portezuela ó trampilla en la boca del buzon, y que no se abre sino cuando está allí el carro que ha de verificar el transporte.

Este método de hacer rodar el mineral por planos inclinados es muy usado, particularmente para los descargaderos en la superficie; pero seria muy poco económico el tratar de este modo ciertos minerales, tal como la ulla por ejemplo, que disminuye mucho su valor cuando se reduce á pedazos pequeños ó se pulveriza.

### §. 2.° *Galerias diagonales ú oblicuas.*

---

576. Los planos inclinados de que hemos tratado, se colocan siempre segun la inclinacion de la capa ó del filon en que se establecen; es decir que, la línea que marca la longitud del plano inclinado es perpendicular á la direccion de las dos galerías que él pone en comunicacion. Pero otras veces, sobre todo cuando la inclinacion del criadero es demasiado fuerte,

Digitized by Google

se establece el plano inclinado oblicuamente á dichas dos galerías, resultando una mayor longitud, pero con una pendiente menos rápida. Esta disposicion será tanto mas ventajosa, cuanto mas se acerque del cargadero el pie del plano inclinado. Para distinguir estos planos inclinados de los descritos anteriormente se las dá el nombre de *galerías diagonales* ó *galerías oblicuas*.,

577. Supongamos que en Fig. 230, AB representa un pozo inclinado de estraccion, y que está visto de frente en la misma direccion en que él inclina: de las dos galerías que con él comunican, la inferior EF estará mas cerca y la superior CD mas lejos de nosotros. El plano inclinado *ab* será paralelo al pozo, y perpendicular por consiguiente á ambas galerías: la proyeccion *ac* representará una galería diagonal.

Con solo la inspeccion de la figura se vé desde luego que, si el cargadero del pozo está en E, ó bien que este punto se halle en comunicacion directa y horizontal con la superficie, los minerales que vengan de la parte D, tendrán menos tránsito que hacer pasando por la diagonal *ac*, que bajando por el plano inclinado *ab*, para ir despues hasta E.

578. En las galerías diagonales se pueden poner carriles de hierro ó de madera; no hay necesidad de prensa, porque los carros bajan aisladamente, conducidos por hombres ó bien por caballos segun sea el tráfico de la mina; pero los carros necesitarán su freno particular, siempre que la diagonal tenga 6.° de pendiente; si solo tiene 3—4.° tampoco necesitan freno.

La inclinacion que en realidad debe darse á una diagonal debe ser tal que, los carros empleados en el transporte se mantengan sobre ella sin rodar, retenidos solo por el rozamiento de las ruedas contra sus respectivos ejes. En Silesia han observado que, un carro cuyas ruedas tienen un diámetro 12 veces mayor que el diámetro del eje sobre que giran, estando cargado con 5 scheffel de ulla ó sean 41 arrobas, para que este carro no ruede por sí mismo sobre una galería diagonal,:

| | | |
|---|---|---|
| con carriles de madera; inclinacion de. . . . . . . | 3° | » 45′ |
| con carriles planos de hierro. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 | » 52 |
| ——————salientes de hierro. . . . . . . . . . . . . . . . | 1 | » 34 |

Digitized by Google

579. El inconveniente de las galerías diagonales es, lo penoso de hacer subir por ellas los carros vacíos cuando su inclinacion es algo fuerte: por esta razon acostumbran á poner dos carreros para cada carro que no necesita mas que de uno en el transporte horizontal, cuya circunstancia aumenta el coste del acarreo. El transporte con caballos tampoco tiene muy buena aplicacion en las galerías diagonales; el operario que lo conduce no puede separarse un momento de al lado de la caballería, para hacerla cejar ó sostener cuando el carro toma demasiada velocidad; pero á decir verdad no es este un gran inconveniente.

La verdadera desventaja en las galerías diagonales, y lo mismo en los planos inclinados es que, como los carros van en una posicion inclinada no se pueden llenar enteramente y por consiguiente, para igual cantidad de transporte se necesitan carros mas grandes ó de mas capacidad que por galerías horizontales, ó bien, si se emplean los mismos carros como es lo regular, se transportará menor cantidad de mineral en cada viage.

### *Precio del transporte por diagonales.*

580. Los datos que vamos á presentar son tomados de los archivos de Karsten, y los hemos reducido á medidas españolas.

Segun Heizmann para transportar 500 scheffel de ulla á 200 lachter de distancia, por una diagonal que tenga de 4—6.° de pendiente, son necesarios tres carros en actividad y por consiguiente seis carreros. El coste de este transporte viene á ser,

| | | |
|---|---|---|
| Por jornales de los 6 carreros. . . . . . . | 18 rs. | — 25 mrs. |
| Por idem de 4 cargadores. . . . . . . . . | 12 | — 16 id. |
| Por iluminacion. . . . . . . . . . . . . . . . | 6 | — 7 |
| Por conservacion de 6 carros y 9 cajones. | 1 | — 12 |
| Por conservacion de 484 varas de carriles de madera. . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 | — 45 |
| Total. . . . . . . . . . | 40 rs. | — 8 mrs. |

Digitized by Google

Es decir que, 4156 arrobas de ulla (que es lo que componen los 500 scheffel), transportadas á 484 varas sobre una diagonal de 4—6° de pendiente, tienen de coste 40 rs. 8 mrs., y por consiguiente

200 arrobas á 200 varas, cuestan. . . . . . . . . 0 rs. 27 mrs. que viene á ser el precio del transporte por galerías horizontales (518.)

581. En Konigsgrube un caballo transportando sobre un camino de carriles á una distancia de 720 varas, de cuya distancia la mitad es en horizontal, y la otra mitad es en diagonal con 4—6° de pendiente, dicho caballo no puede transportar en su entrada de 12 horas mas que 200 scheffel de ulla ó sean 1662 arrobas. El coste de este transporte es,

| | | |
|---|---|---|
| Por cuidado y manutencion del caballo incluso el jornal del conductor . . . . . | 13 rs. — | 27 mrs. |
| Por jornales de 2 cargadores. . . . . . | 6 — | 8½ |
| Por iluminacion. . . . . . . . . . . . . . . . | 1 — | 8 |
| Por conservacion de utensilios. . . . . | 2 — | 14 |
| Suma. . . . . . . . . | 23 rs. — | 24 mrs. |

es decir que, las 1662 arrobas transportadas á 726 varas de distancia, mitad en horizontal y mitad en diagonal, tienen de coste 23 rs. y 24 mrs., y por consiguiente

200 arrobas transportadas á 200 varas, cuestan 26½ mrs. resultando mas caro que el transporte por galerías, igualmente con caballos (516.)

FIN.



Digitized by Google

# ADICIONES.

## MÁQUINA DE COLUMNA DE AGUA

SEGUN EL SISTEMA DE REICHENBACH,

*establecida por el inspector de máquinas H. Jordan en* 1834 *en la mina Silber-Seegen, para verificar el desagüe general de las labores del distrito de Clausthal.*

No entrarémos en un ecsámen detallado sobre la construccion de esta admirable y sencilla máquina; para enterarse de ella á fondo, y ponerse en el caso de poder construirla ó de dirigir su construccion y establecimiento, es necesario ser un escelente artista ó muy buen ingeniero, y dedicarse con detencion á su estudio, ecsaminando y estudiando despues una ya establecida, para poder ver las dificultades que se presentan en la construccion de una máquina tan en grande como es esta. No todos los ingenieros y maquinistas que han tratado de establecer una máquina de columna de agua han salido adelante con su empeño; otros la han construido mal y de mala manera, como he tenido ocasion de observarlo en mis viages.

El principio en que está fundada la accion que despliega la máquina de columna de agua, es que, los líquidos pesan ó gravitan en razon de bases y alturas; es decir que, el agua ó cualquier otro líquido contenido en vasos de una misma base y de una misma altura, egercerá en todos ellos igual presion en la parte inferior, aun cuando la anchura ó diámetro de los vasos sea la que quiera en el total de su longitud. De aquí se infiere desde luego que, si hacemos un tubo cuya base sea de cierta consideracion, y cuya longitud ó altura sea grande pero



Digitized by Google

con un diámetro muy pequeño: si llenamos de agua este tubo, nos proporcionará una fuerza considerable, mucho mayor que el peso total del agua contenida, y de cuya fuerza podrémos disponer á nuestro arbitrio para aplicarla como motor y producir el efecto que deseamos.

El agua contenida en este tubo se pone en comunicacion con la superficie inferior de un embolo ó piston encerrado en un cilindro, y este piston ascenderá en el cilindro impulsado por una fuerza igual al peso de una columna de agua, cuya alpisa sea la altura del tubo y cuya base es la superficie del piston; pero luego que este ha concluido su marcha ascendente, es menester interrumpir la comunicacion del agua motriz, para que el piston pueda descender y volver á ser impulsado de nuevo hacia arriba, sin cuya circunstancia no obtendríamos un movimiento continuado. (*) El verificar esta alternativa de un modo sencillo, ó por mejor decir, el que esta alternativa la verifique la máquina por sí misma, sin necesidad de un operario que esté abriendo y cerrando llaves, es unó de los inventos mas notables que ha hecho la mecánica aplicada en estos últimos años, y que ha dado tanta sencillez al manejo de las máquinas de vapor, que ha sido donde primero se ha establecido este mecanismo.

El célebre ingeniero maquinista bávaro, H. Georg Reichenbach, estableció en el distrito de Berchtesgaden varias máquinas de columna de agua; pero en la que mas manifestó sus grandes conocimientos y mucho ingenio, fué en la que construyó en 1818 que, para llevar las lejias hasta las calderas de Trauenstein (289.) sin tocar en terreno austriaco, tuvo que hacerlas subir a una montaña de 1218 pies báv. de altura; y como la falda de aquella montaña tiene una inclinacion de 45.° resulta que el tubo por donde suben las lejías en virtud del impulso de la máquina de columna de agua, tiene 3574 pies

(*) Tambien se hace que la máquina de columna de agua sea de doble efecto, disponiendo que el agua actúe alternativamente, sobre la superficie superior y sobre la inferior del piston.

de longitud. La altura del tubo de la columna de agua motriz es 374 pies.

El inspector de máquinas Jordan, cuando quiso establecer la columna de agua para verificar el desagüe general de las labores del distrito de Clausthal, lo primero que hizo fue ir á consultar y estudiar con Reichenbach, á cuyo lado estuvo dos años, por cuenta del gobierno. Despues que se hubo bien enterado, volvió á su pais y estableció dicha máquina, muy perfeccionada, en el pozo de la mina de Silber Seegen. No tengo noticias de que se haya establecido hasta ahora otra máquina mejor, ni tan buena, en ningun punto de Europa ni del mundo. La descripcion que de ella voy á hacer, servirá solo para formar una idea bastante completa, pero de ningun modo se crea que con solo esta descripcion es suficiente para poder construir una semejante. Los dibujos que presento no son sacados geométricamente; son los trazados por la noche en la posada, con la reminiscencia de lo que habia visto por la mañana en el subterráneo, y con los datos que me habia suministrado la complacencia del maquinista de aquellas minas Herr Schroen.

### *Descripcion de la máquina* Fig. 231.

El agua motriz baja por el tubo A, formando una columna de 688 pies de altura (*). B es el cilindro receptor ó cuerpo de bomba en el cual se mueve el piston C, que es el que pone en juego las bombas inferiores por medio del vástago y del tirante D. El agua motriz egerce su presion solo contra la superficie inferior de dicho piston, haciéndole subir; cuando baja, es en virtud de su propio peso y el de sus adherentes, pero es necesario que entonces cese la presion de la columna de agua, lo cual se verifica del modo siguiente.

Los tres tubos E, F, G estan unidos uno á continuacion de otro formando un solo cuerpo, que comunica con el cilindro

(*) Medidas del Harz.

por el codo H. El primero y el último tubo tienen un mismo diámetro, el del medio tiene un diámetro mayor que cada uno de los otros dos, pero menor que la suma de ambos. Dentro de cada uno de estos tres tubos hay un embolo proporcionado al respectivo calibre, y estos tres embolos *a*, *b*, *c* están fijos en un vástago comun *g*, de modo que su marcha es siempre simultánea. Esta sencilla combinacion es el fundamento esencial de la marcha de la máquina.

El tubo ausiliar *d*, que establece una comunicacion entre el tubo principal A y el tubo de los embolos G, tiene en su codo una llave *e*, que se abre y se cierra como diremos despues. Cuando la llave está abierta, la columna de agua motriz ejerce su presion contra los tres embolos, á saber, á los embolos *a* y *c* los impele hácia arriba, y al embolo *b* hácia abajo; pero como entre los dos embolos presentan mas superficie que el tercero *b*, resulta que el sistema tiene precisamente que subir, y toma la posicion mareada por las líneas de puntos y con las letras $c'$, $b'$, $a'$, $g'$.

Estando el sistema de embolos en esta posicion superior, el agua motriz no puede comunicar con el cilindro, y por consiguiente el piston con su vástago y demas adherentes bajaría en virtud de su propio peso. Si despues de esta bajada se cierra la llave *e*, entonces el agua motriz ya no ejercerá su accion contra el embolo $c'$, y solo sí contra $a'$ hácia arriba, y contra $b'$ hácia abajo; pero la superficie que presenta este embolo es mayor que la del otro, luego todo el sistema descenderá y tomará su primitiva posicion, dejando libre la comunicacion de la columna de agua con el cilindro receptor, y entonces el piston C volverá á subir con todos sus adherentes.

El modo de abrirse y cerrarse la llave *e*, tambien es muy sencillo. El vástago ó varilla vertical *h* está colocado de modo que puede girar; está provisto de dos brazos *m* y *n*, curvos en el sentido horizontal, y armados cada uno con una especie de *saeta* ó barra plana *st* y *ru*, puestas en posicion inclinada, y fijas en el brazo por su medio. En el tirante D hay un disto R, el cual va tropezando alternativamente en dichas

dos saetas; cuando sube, tropieza en *ts*, empuja al brazo *m* y gira el vástago *h*; pero en este giro el brazo *n* se acerca al tirante, y su saeta *ru* se intercepta de modo que, cuando baja el disco tropieza en ella y hace girar al vástago en sentido opuesto, y el brazo *m* se interpone entonces para ser empujado cuando el tirante vuelve á subir; y asi sucesivamente.

En el vástago *h* hay ademas un codo *opq*, con su coyuntura ó articulacion en *p*. La barra *pq*, que es la parte movible de dicho codo, atraviesa holgadamente la cabeza de la llave *e*; de cuya combinacion resulta que, cuando gira el vástago *h*, gira igualmente la llave, y abre y cierra la comunicacion para el juego del sistema de embolos que hemos dicho antes.

Este mecanismo se comprenderá mejor ecsaminando la Fig. 232. La correspondencia de las letras manifiesta suficientemente lo que es cada pieza; las líneas llenas representan una posicion, y las líneas de puntos con las letras tildadas representan la otra posicion del juego que acabamos de esplicar.

Cuando el sistema de embolos se halla en la posicion superior, la comunicacion del agua motriz con el cilindro está interceptada, y la llave *e* está abierta. El piston C y sus adherentes bajan; el disco R tropieza en el brazo *n*, y la llave se cierra; pero para que el sistema de embolos pueda descender, es menester que el agua contenida en el tubo G desaloje su puesto, de lo contrario no podrian bajar los embolos: esto se consigue dando á la llave la disposicion que representa la Fig. 233 A y B, vista de plano ó en una seccion horizontal. El diámemetro de la llave es algo mayor que el diámetro del tubo, y necesita por consiguiente un cuello, en el cual ajusta perfectamente, pero pudiendo girar. La llave está atravesada ú horadada horizontalmente por un taladro *ac* en el sentido de un diámetro, y perpendicular á este tiene otro taladro que solo llega hasta su centro, resultando digámoslo así tres bocas *a*, *b* y *c*. El cuello en que encaja la llave tiene tambien un orificio *e* que corresponde con las bocas de dichos taladros.

Digitized by Google

Con la inspeccion de la citada Fig. 233 se vé que, cuando la llave está en la posicion A, el agua que viene de *d* no puede pasar á *d'* y el agua que está en *d'* entra por *b* y sale por *e*. Cuando la llave está en la posicion B, el agua puede comunicarse de *d* á *d'*, pero no puede salir por *e*.

La pequeña cantidad de agua que entra en el tubo G, es la única que se desperdicia en cada golpe de la máquina ó marcha del piston. El agua que se introduce en el cilindro receptor cuando el piston hace su marcha ascendente, es indispensable tambien hacerla salir fuera, porque de otro modo el piston no podria bajar cuando se intercepta la comunicacion con el tubo A: pero esta agua se aprovecha y contribuye á la regularidad de la accion de la máquina, del modo siguiente:

En el tubo F, en su parte inferior y lateralmente, hay un orificio que se halla cerrado por su embolo cuando este se halla en la posicion *b*; y á este orificio hay adaptado un tubo que no hemos representado en la Fig. 231 por no hacer confuso el dibujo: lo hemos representado por separado en Figura 234, vista la máquina por otro costado. La correspondencia de las letras esplica esta Figura completamente. El tubo L se adapta al tubo F por medio de un codo rectangular. Cuando el sistema de embolos se halla en la posicion inferior, la comunicacion con el tubo L se halla interceptada por el embolo *b*; pero cuando el sistema sube, que es cuando baja el piston C y sus adherentes, dicha comunicacion está abierta, y el agua contenida dentro del cilindro se vé precisada á subir por el tubo L, el cual se llena al cabo de pocos golpes, y se derrama por su estremo superior en el caño de desagüe, lo mismo que el agua subida por la bomba inferior. El peso de la columna de agua contenida en este tubo, contrabalancea el del piston y sus adherentes, y se evita de este modo el que haga bruscamente su marcha descendente y ocasione destrozos; de aqui el nombre que se le ha dado de *balancin hidráulico*.

Este balancin tiene 80 varas de longitud ó altura y proporciona el que, el cilindro motor se haya podido colocar esta dis-

Digitized by Google

tancia mas bajo que el caño de desagüe, resultando esta mayor caida para la columna de agua motriz.

La Fig. 235 representa la bomba que aspira el agua en el recipiente inferior; es la misma que hemos descrito en el número 251 y figura 148, solo que aquí está representada de lleno y mas arreglada á escala.

M es el cuerpo de bomba en cuyo interior marcha el gran piston, y cuyo vástago D lo pone en comunicacion con el piston del cilindro receptor.

X es el tubo aspirante, cuyo estremo inferior es una cabeza esférica taladrada de ahujeros para que no entren palos y otros estorbos, y que está immergida en el agua del *Wasserstrecken Sohle* (502.) ó recipiente de aguas.

N es el tubo de impulsion por donde es ascendida el agua hasta el caño de desagüe.

*x*, *z*, son las gargantas en cuyo interior se hallan las dos válvulas para el juego de la bomba.

*DISPOSICION Y COLOCACION DE LA MÁQUINA, CON LAS PRINCIPALES DIMENSIONES DE ELLA.*

A los 53¼ pies debajo de la boca del pozo empiezan á recojerse las aguas que ponen la máquina en accion, y desde allí hasta 135¼ pies mas abajo, caen por un tubo cilíndrico de hierro colado (de cuya materia es toda la máquina) sin hacer servicio alguno; esta caida la tienen de reserva para mas adelante, para cuando las labores hayan avanzado, y que sea necesario mayor fuerza motriz para ascender la mayor cantidad de agua que produzcan los subterráneos.

A los 188¼ pues de la boca del pozo es donde se reunen las aguas motrizes en un recipiente ó pequeño estanque, agregándose á las dichas otras que vienen por el caño de los *Cuervos* *(Raben Stolln)* Desde este recipiente sale el agua para ejercer su presion, cayendo por un tubo de 688 pies de longitud y 6 pulgadas de diámetro: de modo que, el cilindro receptor vie-



Digitized by Google

ne á estar $876\frac{2}{3}$ pies debajo de la boca del pozo, y $76\frac{2}{3}$ pies mas abajo que el caño de desagüe llamado Georgenstolln.

El espesor del tubo de columna de agua varía en proporcion de la presion que esta egerce sobre sus paredes; en la parte superior el espesor es de $\frac{3}{4}$ pulg., en la parte media 1 pulg. en la parte inferior $1\frac{1}{4}$.

El referido tubo pesa mas de 700 arrobas; si todo este peso gravitase sobre el tubo del sistema de embolos, lo destruiria infaliblemente; fué necesario por consiguiente sostener el gran tubo, apoyándole de trecho en trecho contra las paredes del pozo por medio de unas gruesas vigas como la representada en *a b*, Fig. 236, pero luego tropezaron con otra dificultad. La dilatacion y contraccion que esperimenta el hierro en razon de las diferencias de temperatura, es ya bastante perceptible en una longitud de 688 pies, y como esta fuerza de dilatacion es tan inmensa, resultó el quebrantamiento de la mayor parte dc las vigas de sostenimiento, y el tubo quedó otra vez cuasi en el aire. Para remediar á este daño, aplicaron el método ya conocido de poner un tubo abrazante A, en el cual enchufan los dos estremos B y C del tubo principal, quedando á cierta distancia uno de otro para que, la dilatacion y contraccion no influya en la verdadera longitud total. El tubo abrazante está sostenido en la viga por medio de dos cadenas.

El tubo principal esta formado de varios trozos, y para el ajuste de ellos, se interpone una rondela de cobre, cuyo metal siendo mas blando que el hierro, cede á la presion de los tornillos y cierra perfectamente la juntura.

Diámetro del cilindro receptor, 1 pie $4\frac{1}{2}$ pulg.

Marcha del piston, 6 pies.

Diámetro del cilindro absorvente ó cuerpo de bomba, 1 pie $4\frac{7}{12}$ pulg.

Altura de la columna de agua ascendida, $314\frac{1}{2}$ pies.

Los dos pistones principales y el gran vástago que los une pesan 378 arrobas. De estas 378 arrobas, las 80 cuentan por rozamientos y las otras 298 las equilibra el peso del agua del balancin hidráulico.

Digitized by Google

Gasto de agua en un minuto
cuando el piston hace una oscilacion. . . . 7,92 pies cúbicos.
——— dos ——— . . . . . 15,96
——— tres ——— . . . . 23,88
——— cuatro ——— . . . . . 31,92

La cantidad de agua estraida en un minuto
es, cuando el piston hace una oscilacion. 8,04 pies cúb.
——— dos ——— . . 16
——— tres ——— . . 24
——— cuatro ——— . . 32

El agua que sale por el balancin en un minuto
es, cuando el piston hace una oscilacion. . . 7,73 pies cúb.
——— dos ——— . . . . 15,46
——— tres. ——— . . . 23,19
——— cuatro ——— . . . . 30,92

De modo que, el agua que se desperdicia
y que la máquina tiene que volver á subir, es en cada minuto cuando el piston
hace una oscilacion. . . . . . . . . . . . . 0,19 de pié cúb.
— dos ——— . . . . . . . . . . . . . . 0,50
— tres ——— . . . . . . . . . . . . . . 0,69
— cuatro ——— . . . . . . . . . . . . . . 1,00

El agua es absorvida en el chupador X á 16½ pies de altura.

Cuando yo visité aquel establecimiento en agosto de 1834, estaba en actividad la máquina de columa de agua que acabo de describir, y estaban dispuestas todas las piezas para colocar otra igual en el mismo pozo. El presupuesto para ambas máquinas habia sido 40000 thalers (576470. rs.), en la ya colocada se habian gastado 24000; pero muchos de los gastos hechos, tal como rompimiento y arreglo de la escavacion, servian tambien para la otra.

La continuacion del Vasserstrecken ó caño profundo de

desagüe, hasta hacerlo salir á la superficie, estaba tasado en 12—15 millones de thalers.

Con una sola máquina no es suficiente para hacer la estraccion del agua que produce aquellos subterráneos; con las dos hay accion de sobra; por consiguiente una de ellas puede estar parada en ciertas temporadas, aprovechándose este tiempo para hacerles las reparaciones que necesiten.

Una máquina de columna de agua de esta clase consume la vigésima parte de agua que una rueda hidráulica de las que se usan alli, y que hiciese el mismo efecto; pero necesita una gran caida de agua.

## RELACION DE ALGUNAS MEDIDAS ESTRANGERAS CON LAS ESPAÑOLAS.

### *Medidas de longitud.*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Metro | = 3,5889 | 1 pie de Burgos | = 0,2786 | de Metro | |
| pie de Paris | = 1,1658 | | = 0,8577 | dc pie de Paris | |
| de Londres | = 1,0938 | | = 0,9142 | — | de Londres |
| del Rhin | = 1,1362 | | = 0,8801 | — | del Rhin |
| de Leipzig | 1,0217 | | = 0,9787 | — | de Leiphig |
| de Clausthal | = 1,0325 | | = 0,9685 | — | de Clausthal |
| de Silesia | = 1,0380 | | = 0,9634 | — | de Silesia |
| de Berlin | = 1,1968 | | = 0,8356 | — | de Berlin |
| de Viena | = 1,1346 | | = 0,8813 | — | de Viena |
| de Baviera | = 1,4949 | | = 0,6688 | — | de Baviera |

## *Medidas de peso.*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 Kilograma | = 2,1734 | 1 id. española | = 0,4601 | de Kilograma |
| 1 lib. avoir du poids | = 0,9854 | | = 1,0148 | lib. avoir du poids |
| de Troy | = 0,8111 | | = 1,2328 | — de Troy |
| francesa | = 1,0637 | | = 0,9401 | — francesa |
| de Leipzig | = 1,0156 | | = 0,9846 | — de Leipzig |
| de Clausthal | = 1,0576 | | = 0,9266 | — de Clausthal |
| de Silesia | = 1,1154 | | = 0,8965 | — de Silesia |
| de Viena | = 1,2204 | | = 0,8177 | — de Viena |
| de Baviera | = 1,65 | | = 0,6060 | — de Baviera |

## *Medidas de Sajonia.*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 16 líneas | = 1 pulgada | | | | |
| 192 | = 12 | = 1 pie | | | |
| 384 | = 24 | = 2 | = 1 Elle ó Codo | | |
| 1344 | = 84 | = 7 | = $3\frac{1}{2}$ | =1 Lachter ó Toesa | |
| 2184 | =182 | =$15\frac{1}{6}$ | = $7\frac{7}{12}$ | =$2\frac{1}{6}$ | =1 Ruthe ó percha |
| 1728 | =144 | =12 | = 6 | =1 Leiter ó Escalera | |
| 3456 | =288 | =24 | = 12 | =2 | =1 Fhart |

### *Medidas diversas usadas en minería en el estrangero.*

1 Kübel tiene de capacidad 2500 pulgadas cúb. de Leipzig=2613 pulg. cúb esp.

| | | |
|---|---|---|
| 3 Körbe ó cestas. | = 1 Kübel | |
| 54 | =18 | = 1 Fuhre |

El tonne ó tonel no es en aquellas minas una medida determinada; para malacate de dos caballos contiene de 8—10 Kübel, para malacate de agua 12 Kübel.

Un quintal de mina se divide en 110 lib. peso; para los demas tráficos en 100.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 Toesa francesa. | = | 6 pies franceses. | = | 6,9949 pies esp. |
| 1 Lachter de Sajonia. | = | 7 pies de Leipzig. | = | 7,1519 pies esp. |
| 1 Klafter de Viena. | = | 6 pies de Viena. | = | 6,8 p. e. |
| 1 Pie decimal de Viena. | = | 0,1 de Klafter. | = | 0,68 p. e. |
| 1 Lachter de Clausthal. | = | $6\frac{2}{3}$ pies de Clausthal. | = | 6,88 p. e. |
| 1 Lachter de Silesia. | = | 7 pies de Silesia. | = | 7,266 p. e. |
| 1 Scheffel de Silesia. | = | 6460 pulg. cúb. de Silesia. | = | 7170 p. c. e. |
| 1 Tonne de Silesia. | = | 15956,2 pulg. cúb. | = | 2,47 scheffel. |
| 1 Quintal de Silesia. | = | 129 lib. de Silesia. | = | 144 lib. esp. |
| 1 Quintal del Harz. | = | 123 lib. de Clausthal | = | 130 lib. esp. |
| 1 Tonne del Harz. | = | 7,5 pies cúb. de Claust. | | |
| 1 Treiben idem. | = | 40 tonnen. | | |
| 1 Quintal ingles. | = | 112 lib. inglesas. | = | 110,3824 lib. esp. |
| 1 Tonne ingles. | = | 20 quint. ingleses. | = | 2207,648 lib. esp. |

Digitized by Google

## *Medidas itinerarias.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 Legua francesa. | = 2850,5 | toesas. | = 6646,32 varas. |
| 1 Myriámetro. | = 1000 | metros. | =11963 varas. |
| 1 Milla inglesa. | = 1760 | yardas. | = 1925,66 varas. |
| 1 Milla alemana. | =24000 | pies. | = 8173,6 varas. |
| 1 Milla austriaca. | = 4000 | Klafter. | = 9066,66 varas. |
| 1 Legua de rey esp. | =24000 | pies. | = 8000 varas. |
| 1 legua comun esp. | =20000 | pies. | = 6666 varas. |

## *Monedas.*

| | | |
|---|---|---|
| 1 Franco. | = 3 reales, | 23 maravedises. |
| 1 Céntimo. | = 0 | 1¼ |
| 1 Guinea. | =103 | 10 |
| 1 Libra caterlina. | = 98 | 13 |
| 1 Chelin. | = 4 | 17 |
| 1 Penique. | = 0 | 13 |
| 1 Thaler de convencion para todos los estados de Alemania. | = 14 | 14 |
| 1 Gross. | = 0 | 20½ |
| 1 Phenique. | = 0 | $1\frac{7}{10}$ |
| 1 Thaler de Prusia. | = 13 | 24 |
| 1 Silbergross. | = 0 | 15½ |
| 1 Speciesthaler. | = 20 | 0 |
| 1 Florin de Austria. | = 9 | 13 |
| 1 Krentzer. | = 0 | 5½ |
| 1 Florin de Baden. | = 9 | 23 |
| 1 Kreutzer. | = 0 | 4½ |
| 1 Florin de Hamburgo. | = 7 | 30 |
| 1 Dinero de id. | = 0 | 6,7 |

## *Gravedades específicas de algunos minerales.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Carbon pardo. | 1,270 | Peróxsido de manganeso. | 4,328 |
| Ulla. | 1,423 | Sulfuro de idem. | 4,014 |
| Antracita. | 1,800 | Sulfuro de mercurio. | 8,098 |
| Sulfuro de antimonio. | 4,550 | Sulfuro de plomo. | 7,568 |
| Sulfuro de bismuto. | 6,549 | Hidróxsido de hierro. | 3,992 |
| Carbonato de cobre. | 3,670 | Peróxsido de idem. | 4,800 |
| Sulfuro de idem. | 5,650 | Hierro magnético. | 5,094 |
| Peróxsido de idem. | 5,992 | Sulfuro de zinc. | 4,200 |
| Ocsido de estaño. | 6,300 | Ocsido de idem. | 3,300 |
| Sulfuro de idem. | 4,350 | Carbonato de idem. | 4,442 |

Un pie cúb. esp. de agua destilada pesa 47,2162 lib. esp.
La gravedad específica del aire atmosférico es $\frac{1}{770}$ de la del agua destilada.

Digitized by Google

*Gravedades especificas de algunos gases y vapores con respecto á la del aire atmosférico.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Gas cloro-carbónico | 3,399 | Hidrógeno carbonado | 0,555 |
| Cloro | 2,470 | Hidrógeno | 0,068 |
| Accido sulfuroso | 2,234 | Bicloruro de estaño | 9,199 |
| Hidrógeno fosforado | 1,761 | Vapor de mercurio | 6,976 |
| Protócsido de azoe | 1,520 | Vapor de azufre | 6,617 |
| Accido carbónico | 1,524 | Protocloruro de arsénico | 6,300 |
| Ocsígeno | 1,102 | Cloruro amarillo de azufre | 4,730 |
| Azoe | 0,976 | Vapor de fósforo | 4,355 |
| Ocsido de carbono | 0,957 | Sulfuro de carbono | 2,644 |

Digitized by Google

# ERRATAS.

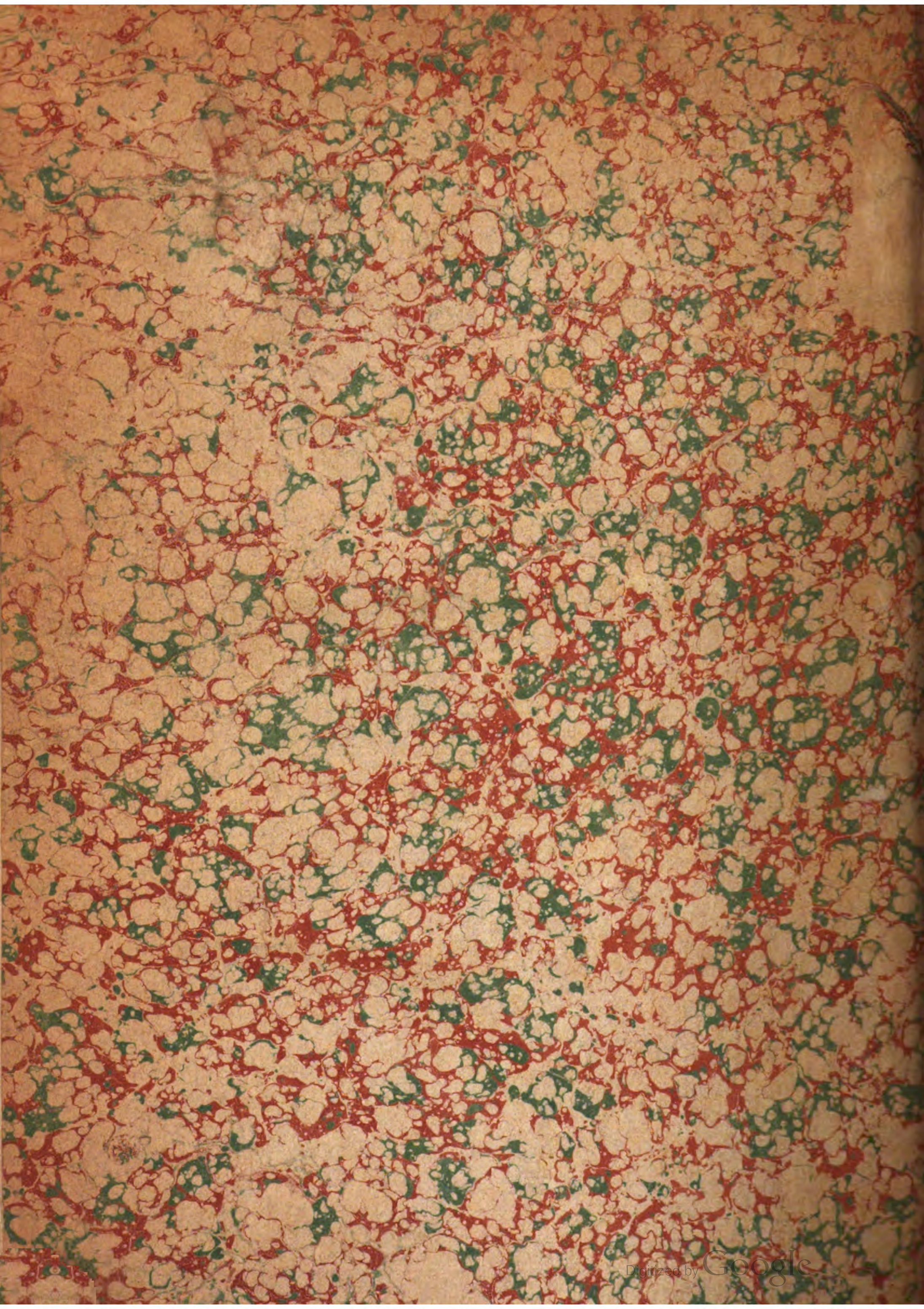
| *Pag.* | *línea.* | *dice.* | *léase.* |
|---|---|---|---|
| 11 | 13 | docimaria | docimasia |
| 13 | 11 | Sileria | Silesia |
| 16 | 15 | asi es como | asi como. |
| 27 | 23 | el mar | el terreno |
| 36 | 29 | la parte | la parte *abc.* |
| 47 | 5 | primero | lo primero. |
| 78 | 12 | curvadura | curvatura |
| 81 | 3 | terminado | terminada |
| 96 | 1 | 1.a | 1 |
| 99 | 2 | diciéndolo | y diciéndolo |
| 111 | 28 | terrenos | terreros |
| 117 | 12 | $\frac{L}{l.h_2}$ | $\frac{L}{l.h^2}$ |
| 120 | [illegible] | Evano. | Ebano. |
| 137 | 1 | 43—de áccido carbónico. | 83-de áccido carbónico. |
| 164 | 14 y 15 | ye de antemeno. | ya de antemano |
| 188 | 14 | al mismo de | al mismo tiempo de |
| 212 | 17 | *Strosscuarbeit* | *Strossenarbeit.* |
| 117 | 20 | mucho | muchos |
| 219 | 2 | *e'* | *e e'* |
| 222 | (nota) | 1839 | 1838 |
| 225 | 25 | ignales. | iguales |
| 228 | 26 | *Schlich* | *Schlich* |
| 229 | 8 | posesion | posicion |
| 249 | 15 y 16 | liggnites | lignites |
| id. | 25 | Reichenhalt | Reichenhall |
| 261 | 6 | del desagüe | de desagüe |
| 267 | 30 | y otro del otro | y otro al otro |
| 272 | 7 | corta y muy ancha | larga y muy ancha |
| 273 | 10 | efectivamente. | efectivamente |
| 284 | 10 | elipse | elipse |
| 310 | 4 | Nicona | Nicova |
| 312 | 20 | disposicion | posicion. |
| 319 | 26 | cuanto | cuanto. |
| 337 | 5 | economico | económico |
| id. | 13 | sirven, | sirven |
| 351 | 15 | bareal | bureal |
| 352 | 33 | Fahre | Fuhre |
| 356 | 33 | todavia, | todavia |
| 672 | 36 | del ó | del or- |
| 575 | 9 | desagüue | desagüe |
| 377 | 10 | parte sul | parte su- |
| 380 | 16 | escheffel | Scheffel |
| id. | 28 | 4,984 | 4984 |
| 383 | 1 | *Wassertrecken* | *Wasserstrecken* |
| id. | 6 | Silbersegen | Silberseegen |
| 387 | 4 | es | en |
| 391 | 6 | 4 rs. 23 mrs. | 4 rs. 6 mrs. |
| id. | 7 | 1 rl. 3 mrs. | 0. rs. 31 mrs. |
| 404 | 30 | 1050 varas | 1050 pies. |
| 421 | 5 | 11—4 | $17—6\frac{2}{5}$ |
| id. | 23 | $7\frac{3}{5}$ph. | $1\frac{3}{5}$ ph = |
| 422 | 20 | econom ia | económica |
| 426 | 12 | cónicoc-irculares. | cónico-circulares |
| 428 | 8 | pasar | parar |

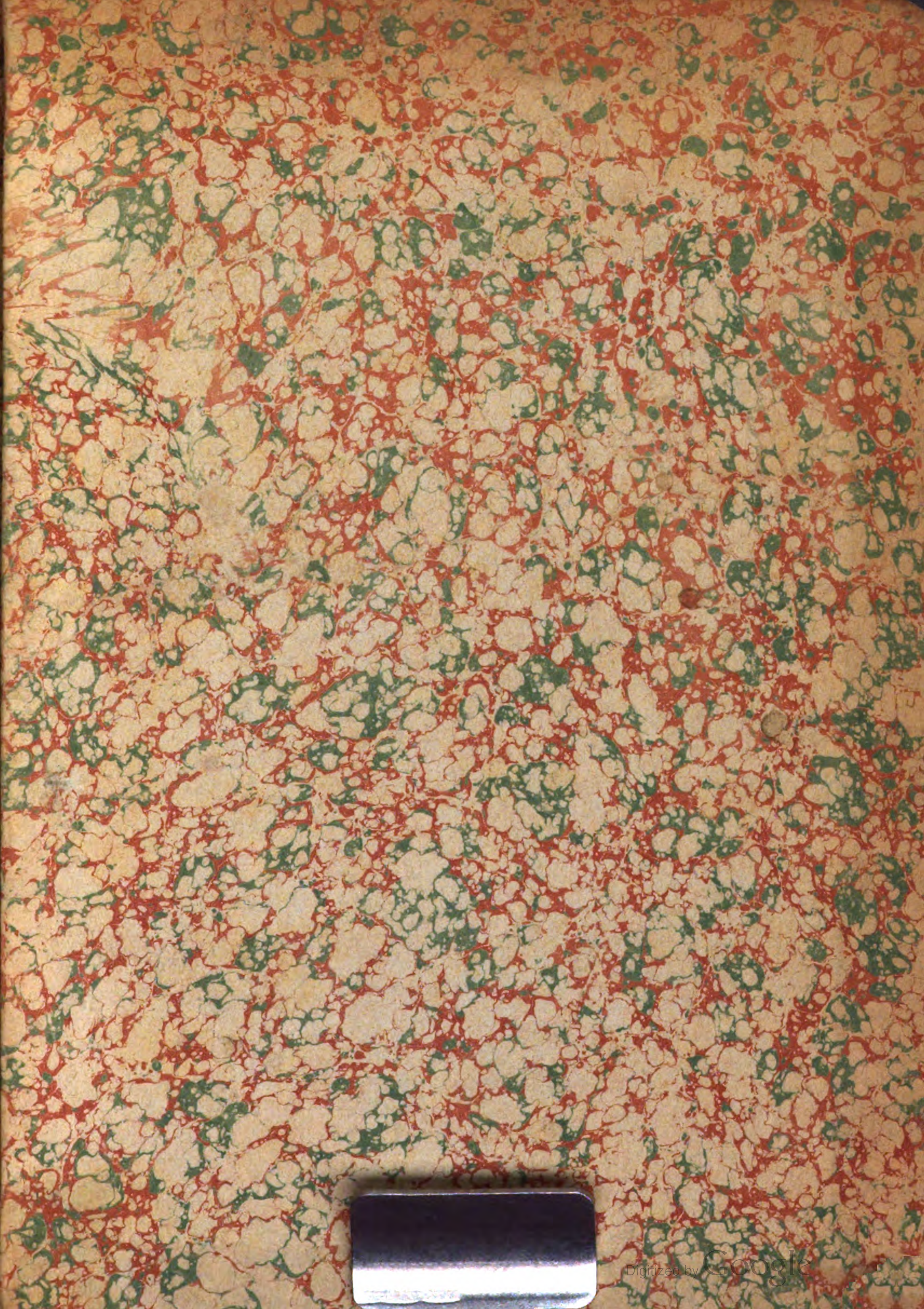
Digitized by Google

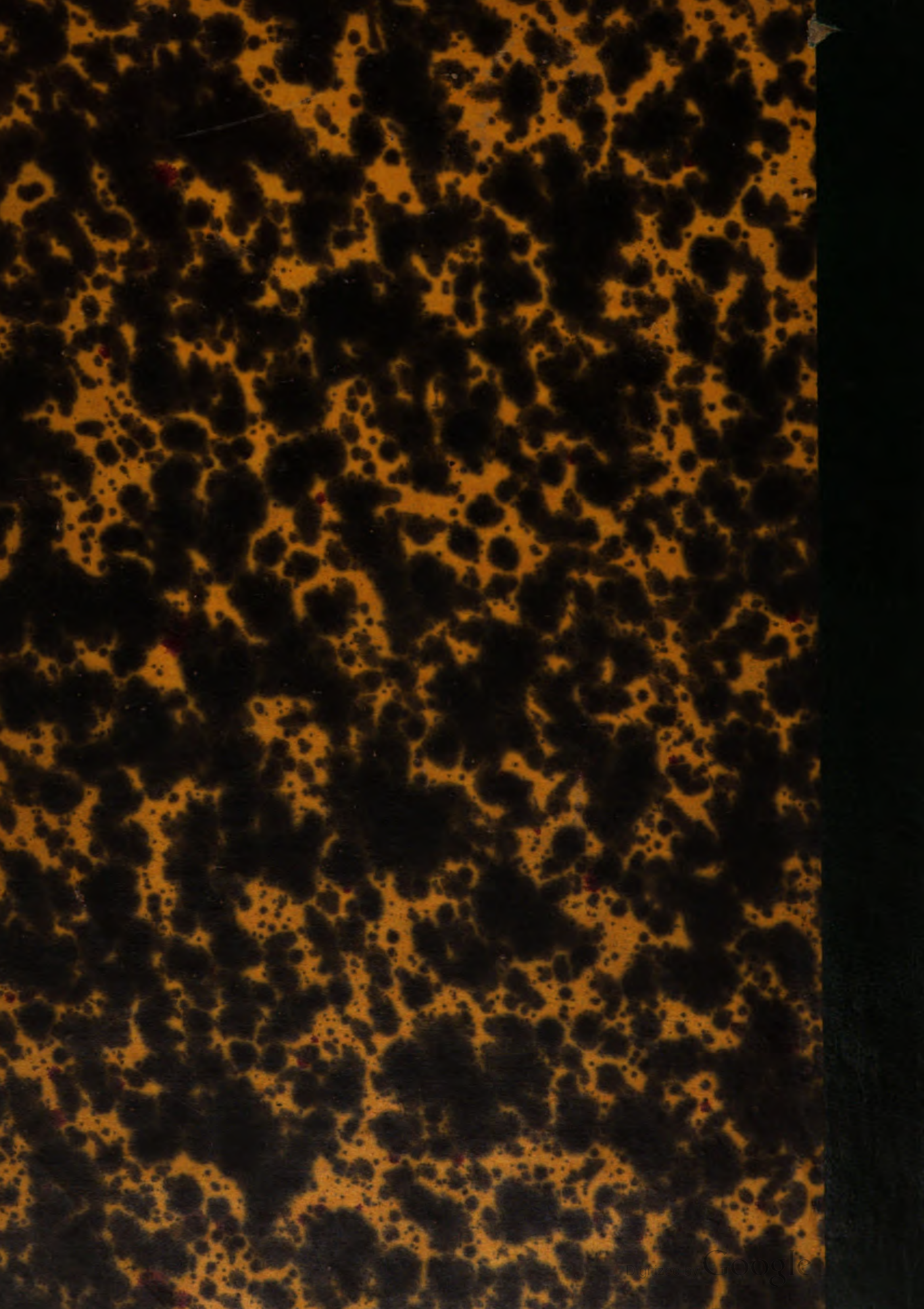
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google


Digitized by Google


Digitized by Google



Digitized by Google